GOBIERNO REGIONAL
CAJAMARCA

A tu servicio con transparencia

INVENTARIO REGIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL AÑO 2016

CAJAMARCA, 2021

ÍNDICE DE CONTENIDO

ACRÓNIMOS Y SIGLAS 3
1. INTRODUCCIÓN 6
2. SITUACIÓN DEL DEPARTAMENTO 7
3. METODOLOGÍA APLICADA 18
4. RESULTADOS 20
5. RESULTADOS DEL SECTOR ENERGÍA – COMBUSTIÓN ESTACIONARIA Y EMISIONES FUGITIVAS 24
6. RESULTADOS DEL SECTOR ENERGÍA - COMBUSTIÓN MÓVIL 37
7. RESULTADOS DEL SECTOR AGRICULTURA 49
8. RESULTADOS DEL SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA 94
9. RESULTADOS DEL SECTOR DESECHOS 136
10. BIBLIOGRAFÍA 166

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

ANA	Autoridad Nacional del Agua
ASOUT	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo (equivalente a AFOLU por sus siglas en inglés: *Agriculture, Forestry and Other Land Uses)*
AT	Asentamientos
C	Carbono
CENAGRO	Censo Nacional Agropecuario
CH_4	Metano
CKD	Clinker (del inglés *Cement Clinker Dust*)
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
°C	Grados centígrados
CO	Monóxido de Carbono
CO_2	Dióxido de Carbono
CO_2eq	Dióxido de Carbono equivalente
COD	Compuesto Orgánico Degradable
CODf	Fracción de carbono orgánico disuelto que se descompone bajo condiciones anaeróbicas
CODm	Carbono Orgánico Disuelto depositado
CODmat	CODm acumulado en los sitios de disposición final al final del año T
CODmat-1	CODm acumulado en los sitios de disposición final al final del año T-1
CORPAC	Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial
COS	Carbono Orgánico del Suelo
COS_{ref}	Valor de referencia de las reservas de Carbono Orgánico del Suelo
COVDM	Compuesto Orgánico Volátil Diferente del Metano
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
dm	Materia seca (del inglés *dry matter*)
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DS	Decreto Supremo
EPS	Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento
ESA	Agencia Espacial Europea (del inglés *European Space Agency)*
EVP	Establecimiento de Venta al Público
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (del inglés *Food and Agriculture Organization*)
FC	Fracción de Carbono
FCM	Factor de Corrección de Metano
FE	Factor de Emisión
FOD	Descomposición de primer orden (del inglés *First Order Decay)*
GEI	Gases de Efecto Invernadero
Gg	Gigagramo
$GgCH_4$	Gigagramos de Metano
$GgCO_2$eq	Gigagramos de Dióxido de Carbono equivalente
GgN_2O	Gigagramos de Óxido Nitroso
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GNV	Gas Natural Vehicular
GPC	Generación Per Cápita
H	Humedales
ha	Hectáreas
Hab	Habitantes
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INFOCARBONO	Disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero

INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (del inglés *Intergovernmental Panel on Climate Change)*
IRGEI	Inventario Regional de Gases de Efecto Invernadero
kg	Kilogramo
m	Metros
m^2	Metros cuadrados
m^3	Metros cúbicos
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
MINAM	Ministerio del Ambiente
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MJ	Mega Joules
mm	Milímetros
MMCB	Módulo de Monitoreo de la Cobertura de Bosques
MOM	Materia Orgánica Muerta
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
MYPE	Micro y Pequeña Empresa
MIPYME	Micro, Pequeña y Mediana Empresa
N	Nitrógeno
ND	No disponible
N_2O	Óxido nitroso
NA	No Aplica
NAMA	Medidas de Mitigación Apropiadas para cada País (del inglés *National Appropiate Mitigation Actions)*
NE	No Estimado
NO	No Ocurre
NOx	Óxidos de Nitrógeno
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OGEIEE	Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
OT	Otras Tierras
OXt	Factor de Oxidación durante el año T
P	Pastizales
PBI	Producto Bruto Interno
PCG	Potencial de Calentamiento Global (GWP en inglés, *Global Warming Potential*)
PFC	Perfluorocarbonos
PNCBMCC	Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático
PRODUCE	Ministerio de la Producción
PTAR	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
RAGEI	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
RAGEI 2016	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del año 2016
RSM	Residuos Sólidos Municipales
s/f	Sin fecha
SCOP	Sistema de Control de Órdenes de Pedido de Combustibles
SEDAPAL	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado
SEPA	Serie de Estadísticas de Producción Agrícola
SEPGA	Serie de Estadísticas de Producción Ganadera y Avícola
SERFOR	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
SIEA	Sistema Integrado de Estadística Agraria

SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIGERSOL	Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
SME	Sistema de Manejo de Estiércol
SUNASS	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
SUNAT	Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria
TC	Tierras de Cultivo
TCTC	Tierras de Cultivo que permanecen como Tierras de Cultivo
TF	Tierras Forestales
TFT	Transistor de películas finas *(*del inglés *Thin Film Transistor)*
TFTF	Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales
TJ	Tera Joules
Ton	Toneladas
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura
VCN	Valor Calórico Neto

1. INTRODUCCIÓN

El presente Inventario Regional de Gases de Efecto Invernadero del año 2016 (en adelante, IRGEI 2016) describe el proceso y resultados de las estimaciones de emisiones y remociones de GEI generados en el departamento de Cajamarca.

El IRGEI 2016 presenta las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) generadas por las actividades del sector Energía, Desechos, Agricultura y Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS); estimadas con las "Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero" (Directrices del IPCC de 2006). El sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP) no ha sido reportado debido a que no se contó con suficiente información del departamento para realizar las estimaciones de GEI.

Las emisiones de GEI del año 2016 fueron de 1,660.13 Gg de CO_2, 70.14 Gg de CH_4 y 2.59 Gg de N_2O, que equivalen respectivamente a 1,660.13 $GgCO_2eq$, 1473.01 $GgCO_2eq$ y 801.86 $GgCO_2eq$. El resultado agregado de las emisiones, expresados en dióxido de carbono equivalente (CO_2eq), es de 3,935.00 $GgCO_2eq$. Los valores de Poder de Calentamiento Global (PCG) empleados corresponden al Segundo Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).

El presente IRGEI 2016, representa un hito importante para la gestión de GEI del departamento de Cajamarca, por ser el primer inventario de emisiones y remociones de GEI, resultado del trabajo conjunto entre el Gobierno Regional de Cajamarca y el Ministerio del Ambiente, quien ha brindado asistencia técnica en el marco de la implementación de la Ley Marco sobre Cambio Climático y su Reglamento.

2. SITUACIÓN DEL DEPARTAMENTO

El presente capítulo ofrece un panorama sobre los aspectos geográficos, sociales y económicos en relación con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del departamento de Cajamarca.

2.1. Panorama Geográfico

El departamento de Cajamarca está situado en la zona norte del territorio peruano, siendo sus puntos extremos las siguientes coordenadas[1]:

Tabla 1. Ubicación geográfica del departamento de Cajamarca

Orientación	Norte	Este	Sur	Oeste
Latitud sur	04°33'07"	07°27'47"	07°45'33"	06°26'41"
Longitud oeste	78°42'27"	77°44'20"	78°13'14"	79°27'06"

Fuente: Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017 – Cajamarca – INEI

La altitud del territorio del departamento de Cajamarca está entre los 319 msnm (cerro Pitura, distrito Yonán – provincia Contumazá) y los 4 mil 496 msnm (cerro Rumi Rumi, distrito Sitacocha – provincia de Cajabamba).

Sus límites son: por el norte con la República del Ecuador; por el este con el departamento de Amazonas; por el sur con el departamento de La Libertad y por el oeste con los departamentos de Lambayeque y Piura.

En la actualidad, el departamento de Cajamarca, cuya capital es la ciudad de Cajamarca, está conformada por las siguientes provincias: Cajamarca, Cajabamba, Celendín, Chota, Contumazá, Cutervo, Hualgayoc, Jaén, San Ignacio, San Marcos, San Miguel, San Pablo y Santa Cruz.

Figura 1. Departamento de Cajamarca

Fuente: Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017 – Cajamarca – INEI

[1] Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017 – Cajamarca – INEI

2.2. Panorama socioeconómico

Desarrollo social: De acuerdo con el censo 2017, el departamento de Cajamarca cuenta con 1,341,012 habitantes, representando una disminución del 3.37%, respecto al censo 2007 (1,387,809); ello debido a la disminución en la población rural en una tasa decreciente promedio anual de 1,4%. Del total de la población, el 35.47% pertenece al área urbana y el 64.57% corresponde al área rural[2].

La provincia que concentra el mayor número de habitantes es Cajamarca, con 348,433 personas; seguido por Jaén, con 185,432 personas. Ambas provincias agrupan el 39.81% de la población del departamento de Cajamarca. Por el contrario, la provincia con menor población es San Pablo, con un total de 21,102 habitantes (1.57%).

Del total de la población, la población femenina representa el 51.0%; mientras que, la población masculina representa 49.0%.

La población de 15 a 64 años, que constituye la fuerza potencial de trabajo, es de aproximadamente un 61.8%, el cual se ha ido incrementando respecto al censo 2007 (58.7%).

Empleo: La Población Económicamente Activa (PEA), de 14 a más años de edad, es de 485,508 personas, donde el 95.0% se encuentra en situación de ocupados y el 5.0% como desocupados (INEI 2017).

La actividad más importante en términos de empleo es la Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca que representa el 48.3% de la PEA. Le sigue actividades de comercio (10.2%); enseñanza (6.5%), construcción (4.7%), transporte y almacenamiento (4.7%) e industrias manufactureras (4.1%).

Pobreza: El índice de pobreza monetaria total es de 39.4% mientras que el índice que pobreza monetaria extrema es del 14.0% (ENAHO 2019).

De acuerdo al Índice de Desarrollo Humano del PNUD (2019), el departamento de Cajamarca está catalogado como un departamento con Desarrollo Humano Medio y Alto (IDH de 0.4251).

Educación: La tasa de alfabetismo de la población de 15 y más años de edad es de 85.2%, con un 14.8% restante de población que no sabe leer y escribir (INEI 2017).

Abastecimiento de agua: Las viviendas que tienen abastecimiento de agua por red pública, dentro y fuera de la vivienda representan el 53.0% y 21.3%; respectivamente, le sigue el 13.2% se abastece a través de pozo (agua subterránea), el 7.0% se abastece de agua de río, acequia, manantial o similar y el 5.5% de las viviendas son abastecidas de agua a través de pilón o pileta de uso público, camión-cisterna y otro tipo, para el consumo humano (INEI 2017).

Energía o combustible usado para cocinar: El 72.8% que utilizan leña para cocinar sus alimentos, le sigue el 40.9% de los hogares utiliza gas (balón GLP), el 1% emplea electricidad y el 1.7% utiliza carbón[3] (INEI 2017).

Desarrollo económico: El departamento de Cajamarca aporta aproximadamente el 2.4% al Producto Bruto Interno nacional (INEI 2020).

En el 2020, el sector Extracción de Petróleo, Gas y Minerales ha contribuido con el 15.3% al PBI del departamento de Cajamarca. Le sigue en orden de importancia el sector Agricultura,

[2] Fuente: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1553/

[3] De acuerdo a lo señalado por los porcentajes de hogares que utilizan los tipos de combustible para cocinar no suman el 100%, por ser una pregunta de respuesta múltiple.

Ganadería, Caza y Silvicultura cuyo peso en el PBI departamental es de 13.1%. En tanto que el sector Construcción ha contribuido con 10.8% al PBI del departamento de Cajamarca (INEI 2020).

2.3. Panorama por sectores relacionados a las emisiones de GEI

2.3.1. Energía

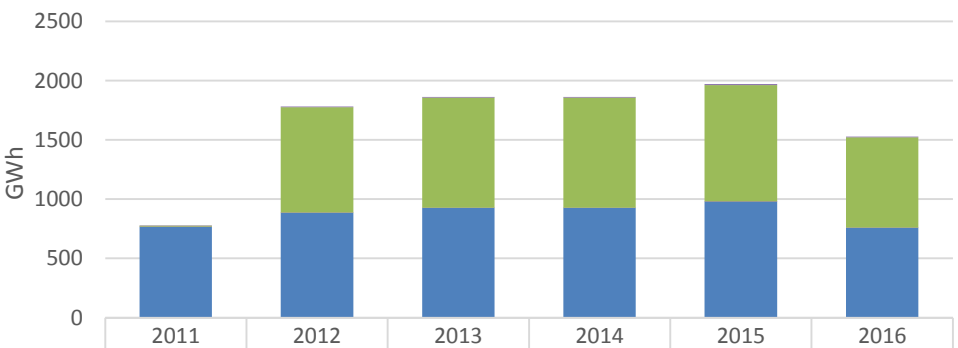
A continuación, se realiza un breve análisis de las principales actividades que generan emisiones de GEI en este sector.

2.3.1.1. Producción de electricidad

La electricidad es generada predominantemente por centrales hidroeléctricas tanto para venta en el mercado eléctrico como para uso propio. La producción de electricidad por centrales térmicas es marginal y utiliza Diesel como fuente de energía.

En la siguiente figura, se aprecia la evolución de la producción de electricidad del año 2011 al 2016.

Figura 2. Producción de electricidad 2011 - 2016



	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Uso propio	2.53	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22
Uso propio	6.24	887.71	928.48	927.76	981.52	760.85
Mercado eléctrico	1.06	0.97	1.06	0.96	0.95	0.78
Mercado eléctrico	768.04	886.74	927.42	926.79	980.57	760.08

Fuente: Elaboración propia a partir de Anuarios Estadísticos de Electricidad – MINEM

2.3.1.2. Transporte

Los medios de transporte que prestan servicio son terrestre y aéreo.

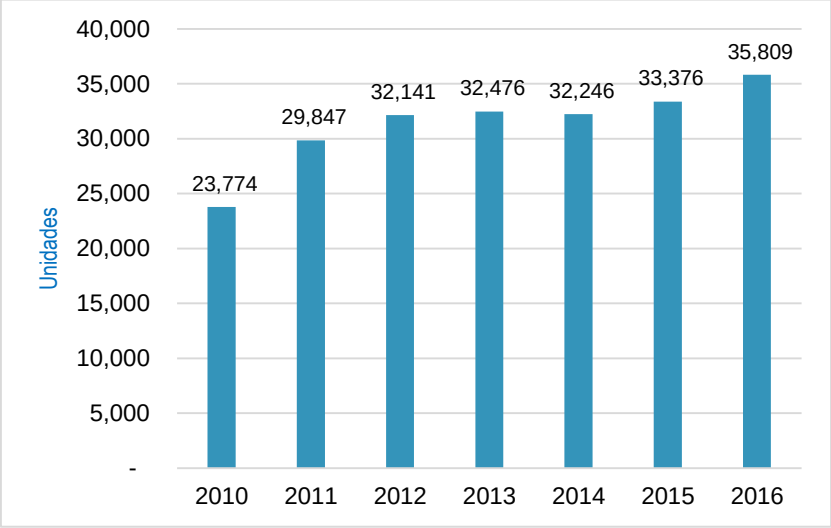
a) Transporte terrestre

El parque vehicular, según la información proporcionada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones[4] (MTC), durante el 2016 en Cajamarca fue de 35,809 unidades circulantes que representa el 1.25% del nacional. Según clases de vehículos, el 32% del parque estuvo compuesto por vehículos menores, seguido de camionetas (29%) y automóviles (18%), entre los principales.

En la siguiente figura, se aprecia la evolución del parque automotor del año 2010 al 2016.

[4] Datos estimados por la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto del MTC, basados en información de la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos (SUNARP).

Figura 3. Parque automotor 2010 – 2016

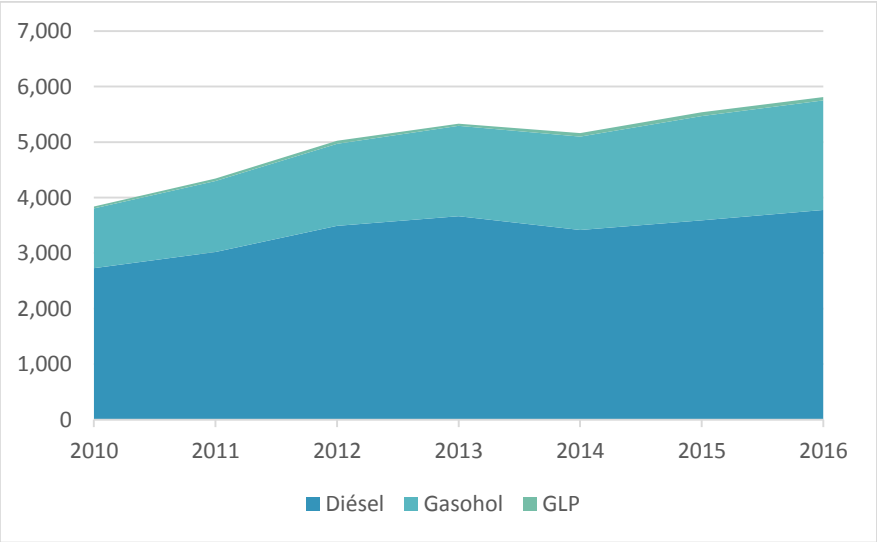


Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones / OGPP- Oficina de Estadística

En el departamento de Cajamarca, los tipos de combustibles utilizados en el transporte terrestre son la gasolina, gas licuado de petróleo (GLP) y diésel, siendo este último el de mayor predominancia en el periodo evaluado.

En la siguiente figura, se aprecia la evolución del consumo de energía por tipo de combustible del 2010 al 2016.

Figura 4. Combustibles empleados en el transporte terrestre 2010 – 2016



Fuente: Elaboración propia, en base a información proporcionada por Osinergmin

b) Transporte aéreo

El departamento de Cajamarca cuenta con dos aeropuertos: Gral. FAP Armando Revoredo Iglesias, situado en la provincia de Cajamarca; y el aeropuerto de Jaén (también conocido como Shumba), ubicado en la provincia de Jaén, al norte del departamento, el cual fue repotenciado e inaugurado en 2016. El servicio en ambos aeropuertos es básicamente de movimiento de pasajeros.

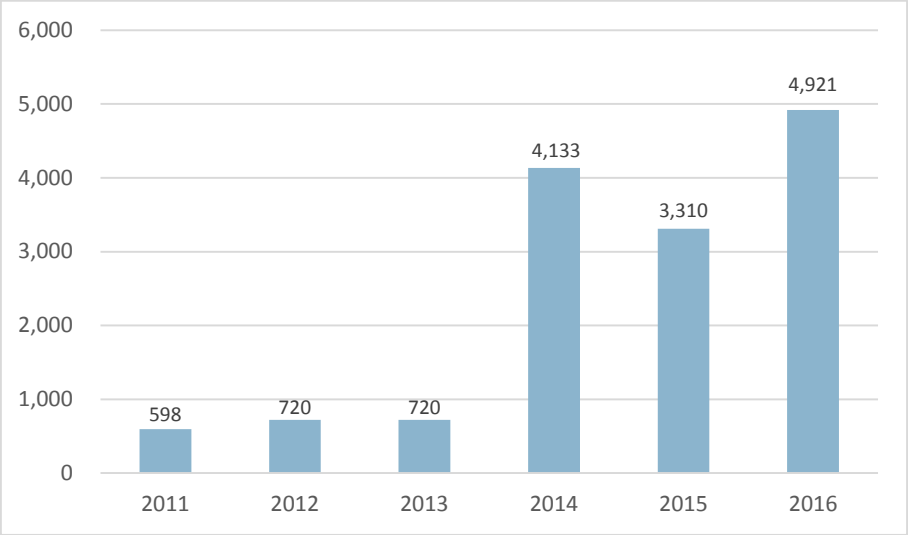
De acuerdo a lo reportado por OSINERGMIN, en el año 2016 no se registra venta de combustibles de aviación en el departamento de Cajamarca. Es probable que el abastecimiento del combustible se haya realizado fuera del departamento.

2.3.1.3. Producción de carbón mineral

En el 2016, la producción de carbón mineral en el departamento de Cajamarca fue de 4,921 x 10^3 Kg.

En la siguiente figura, se aprecia la evolución de la producción de carbón mineral del año 2011 al 2016.

Figura 5. Evolución de la producción de carbón mineral 2011 – 2016



Fuente: Elaboración propia en base a los Balances Nacionales de Energía 2012 - 2016

2.3.2. Procesos Industriales y Uso de Productos

Al momento de la elaboración del presente informe, no se contó con suficiente información del departamento sobre las actividades de este sector que generan emisiones de GEI.

2.3.3. Agricultura

A continuación, se realiza un breve análisis de las principales actividades que generan emisiones de GEI en este sector.

2.3.3.1. Actividad ganadera

En el departamento de Cajamarca, al año 2016 se identifica la crianza intensiva de ganado vacuno y ovino principalmente, tal como se muestra en la siguiente tabla:

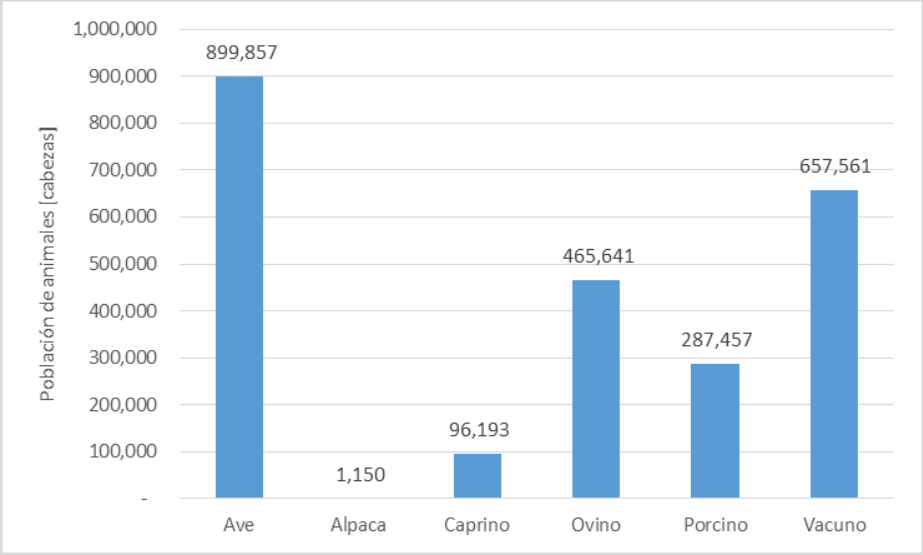
Tabla 2. Población de ganado por especie, año 2016

Especie	2016
Aves	899,857
Ovinos	465,641
Porcinos	287,457
Vacunos	657,561
Caprino	96,193
Alpaca	1,150

Fuente: MIDAGRI 2017

La siguiente figura presenta población de ganado por especie en el departamento de Cajamarca, durante el año 2016. Se observa que la especie mamífera con mayor número de unidades, es el ganado vacuno.

Figura 6. Población de ganado por especie, año 2016



Fuente: MIDAGRI 2017

2.3.3.2. Actividad agrícola

Los cultivos que predominan en el departamento de Cajamarca, por su superficie cultivada, son el café, el maíz amiláceo y el trigo. En la siguiente tabla, se presenta la superficie agrícola (ha) y producción anual de los principales cultivos para el año 2016.

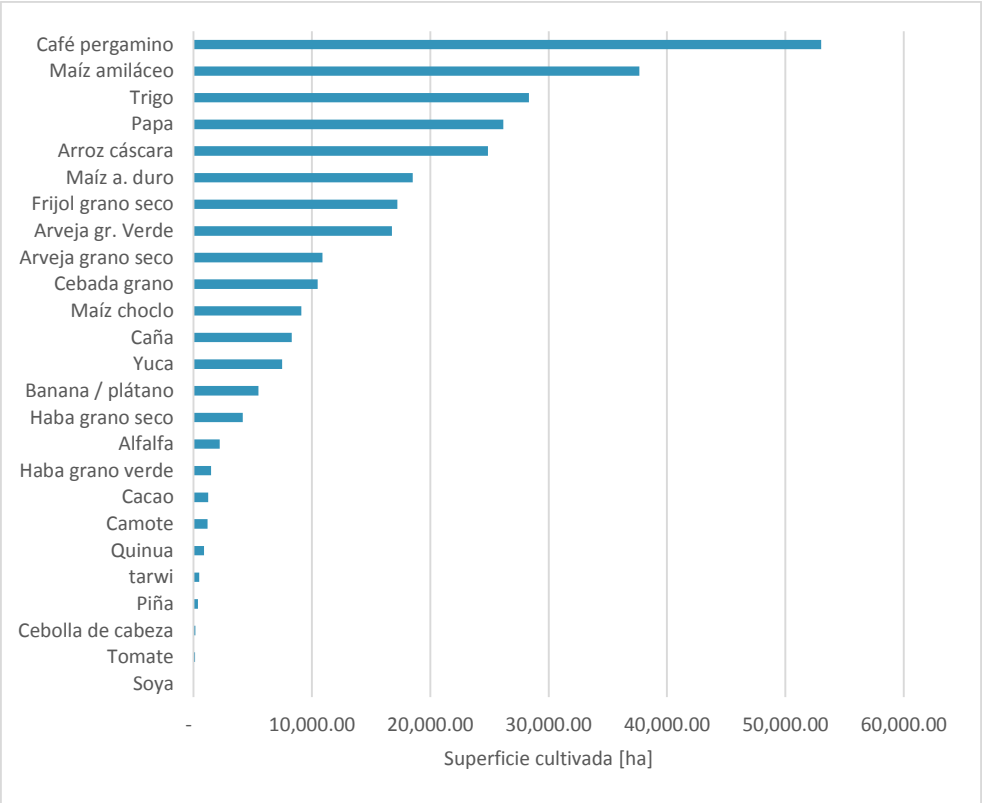
Tabla 3. Superficie y producción anual de los principales cultivos agrícolas, 2016

Cultivo	Superficie cultivada [ha]	Producción anual [t]
Caña	8,299.00	192,327.31
Papa	26,162.00	310,251.00
Arroz cáscara	24,886.00	195,641.00
Banana / plátano	5,489.00	39,061.00
Maíz a. duro	18,507.00	61,636.00
Yuca	7,493.00	63,179.00
Cebolla de cabeza	160.00	1,732.00
Camote	1,184.00	7,514.00
Quinua	878.00	751.00
Piña	362.00	3,686.00
Maíz choclo	9,112.00	23,162.00
Maíz amiláceo	37,673.00	28,384.00
Tomate	137.00	943.00
Trigo	28,344.00	27,697.00
Cebada grano	10,478.00	9,785.00
Café pergamino	53,038.00	48,182.00
Cacao	1,231.00	1,001.00
Alfalfa	2,212.00	170,418.00
Arveja gr. Verde	16,752.00	14,347.00
Arveja grano seco	10,895.00	18,649.00
Frijol grano seco	17,214.00	15,651.00
Haba grano seco	4,156.00	3,753.00
Tarwi	464.00	420.00
Haba grano verde	1,466.00	2,922.00
Soya	4.00	11.00

Fuente: MIDAGRI 2017

En la siguiente figura se aprecia que el café pergamino es el cultivo con mayor superficie cultivada en Cajamarca.

Figura 7. Superficie cultivada de los principales cultivos agrícolas, 2016



Fuente: MIDAGRI 2017

2.3.4. Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura.

El territorio del departamento de Cajamarca, se encuentra entre los biomas Amazonía y Sierra y Costa. En el caso de la Amazonía, gracias a la disponibilidad de información en el Módulo de Monitoreo de la cobertura de Bosques[5], el país cuenta con datos nacionales relevantes. En el caso de los biomas Sierra y Costa, no se cuenta con suficiente información nacional como para caracterizar el uso de las tierras y su evolución.

La información para caracterizar las tierras está normalmente presentada en mapas (información geoespacial). En tanto no se cuenta con detalles de los cambios del uso de la tierra a nivel departamental, la información sobre la pérdida de los bosques (deforestación) es la mejor referencia.

A continuación, se realiza un breve análisis de las principales actividades que generan emisiones de GEI en este sector.

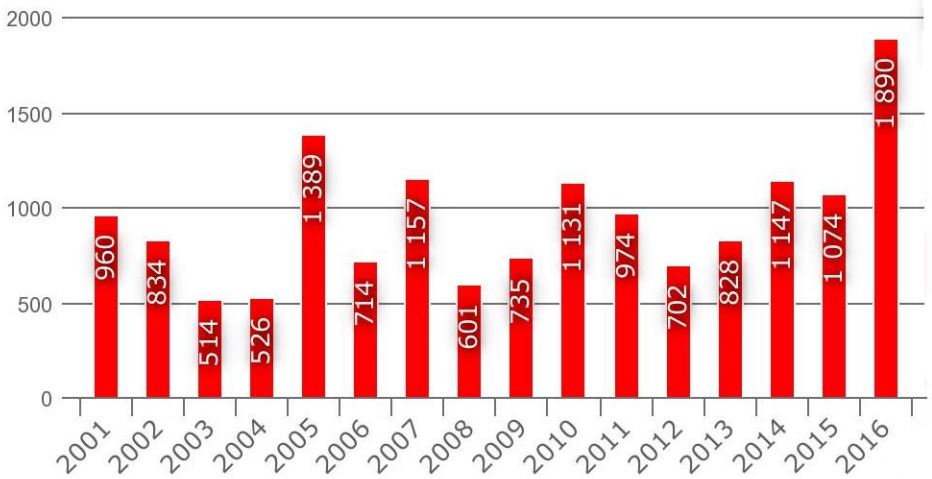
2.3.4.1. Deforestación del bosque Amazónico

Al 2016, los bosques amazónicos del departamento de Cajamarca cubrían un total de 350 260 ha, representando aproximadamente el 11% de la superficie total del departamento. Sin embargo, entre los años 2001 y 2016 se han perdido 15 177 ha de bosque amazónico (PNCBMCC 2016).

[5] Recuperado de: http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/index.php

La siguiente figura presenta la pérdida anual de cobertura boscosa durante el periodo 2001 – 2016. Se observa que hay una leve tendencia al incremento, con picos de deforestación en los años 2005 y 2016.

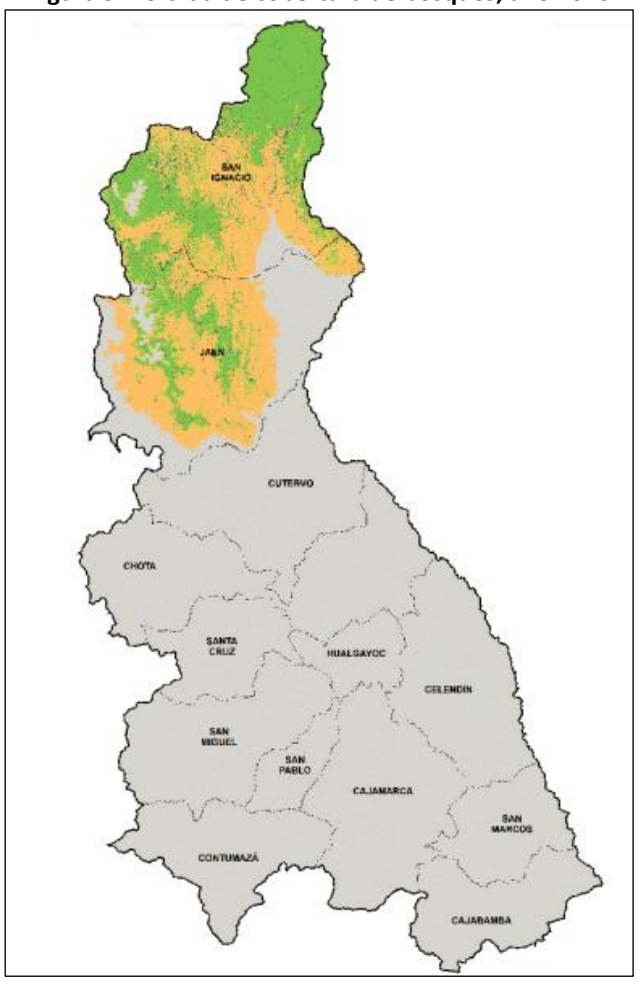
Figura 8. Perdida de cobertura de bosques amazónicos en Cajamarca, periodo 2001 - 2016



Fuente: PNCBMCC – MINAM

Por otro lado, la siguiente figura presenta en color rojo las zonas donde se concentró la deforestación durante el año 2016.

Figura 9. Perdida de cobertura de bosques, año 2016

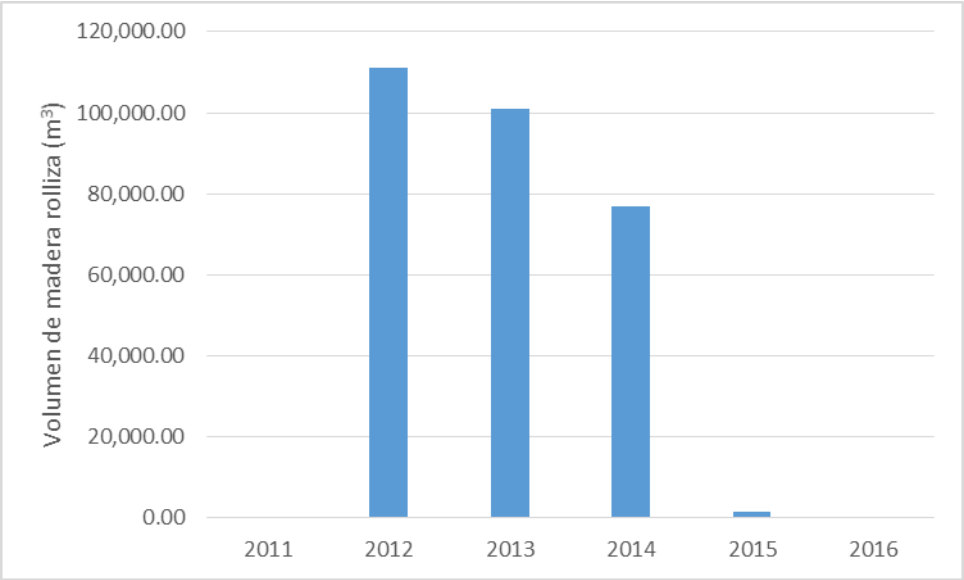


Fuente: PNCBMCC – MINAM

2.3.4.2. Extracción de madera comercial

De acuerdo a la información publicada por SERFOR, en Cajamarca no ha ocurrido extracción de madera en el año 2016. Sin embargo, en la siguiente figura se presenta como ha variado la extracción de madera rolliza extraída, durante el periodo 2011 – 2016.

Figura 10. Volumen de madera rolliza extraída durante el periodo 2011-2016

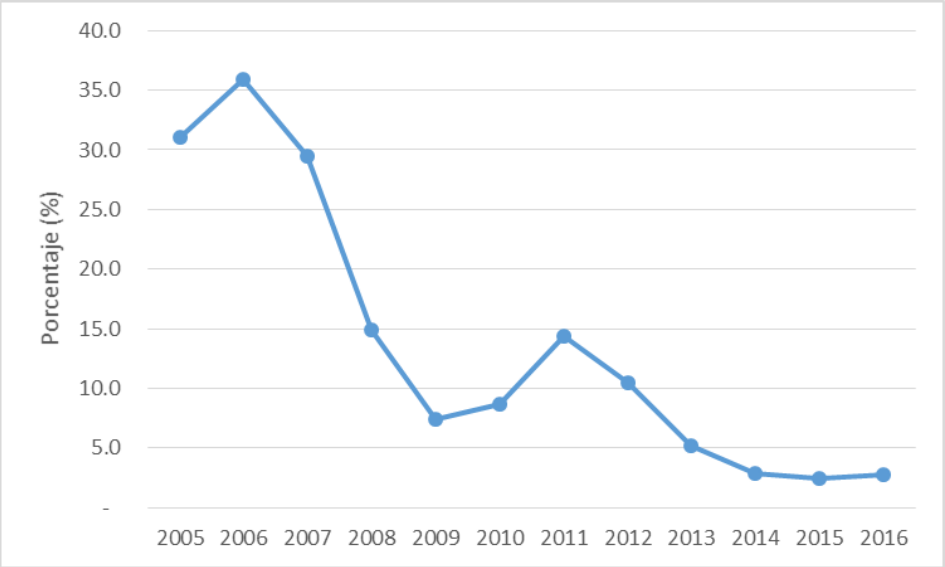


Fuente: SERFOR - MINAGRI. Elaboración propia

2.3.4.3. Recolección de leña

El consumo de leña se estima en base a la información de consumo doméstico de leña. Los datos de INEI sobre el porcentaje de familias que usan solo leña y/o carbón para la preparación de sus alimentos, permite ilustrar la evolución en su uso. La siguiente figura presenta como ha variado la proporción de población que utiliza leña, durante el periodo 2005 - 2016.

Figura 11. Población que usa leña y/o carbón para preparar alimentos en Cajamarca

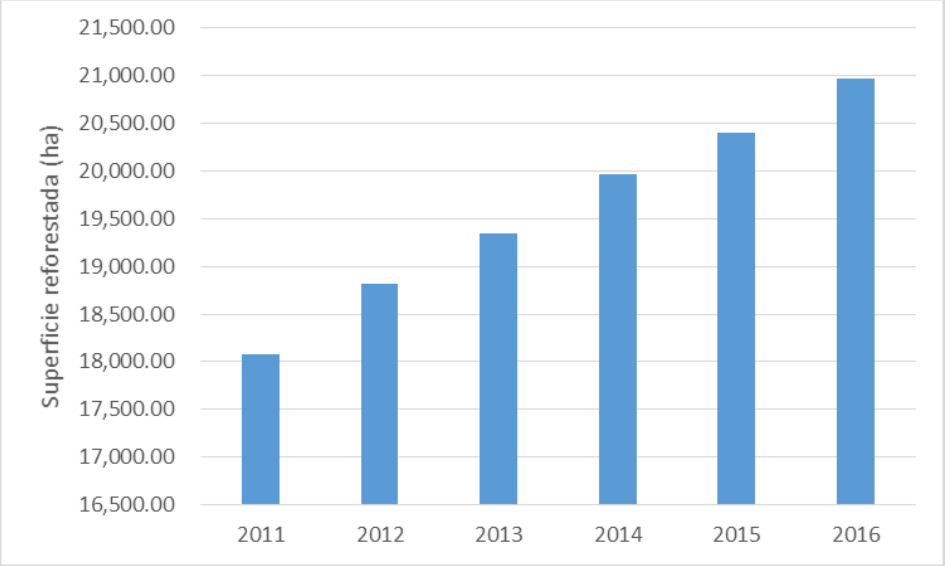


Fuente: INEI. Elaboración propia

2.3.4.4. Reforestación

De acuerdo con SERFOR, se han instalado plantaciones forestales en Cajamarca durante el periodo 2010 - 2016.

Figura 12. Superficie reforestada anualmente (ha) en el periodo 2011-2016, Cajamarca



Fuente: SERFOR - MINAGRI. Elaboración propia

2.3.5. Desechos

A continuación, se realiza un breve análisis de las principales actividades que generan emisiones de GEI en este sector.

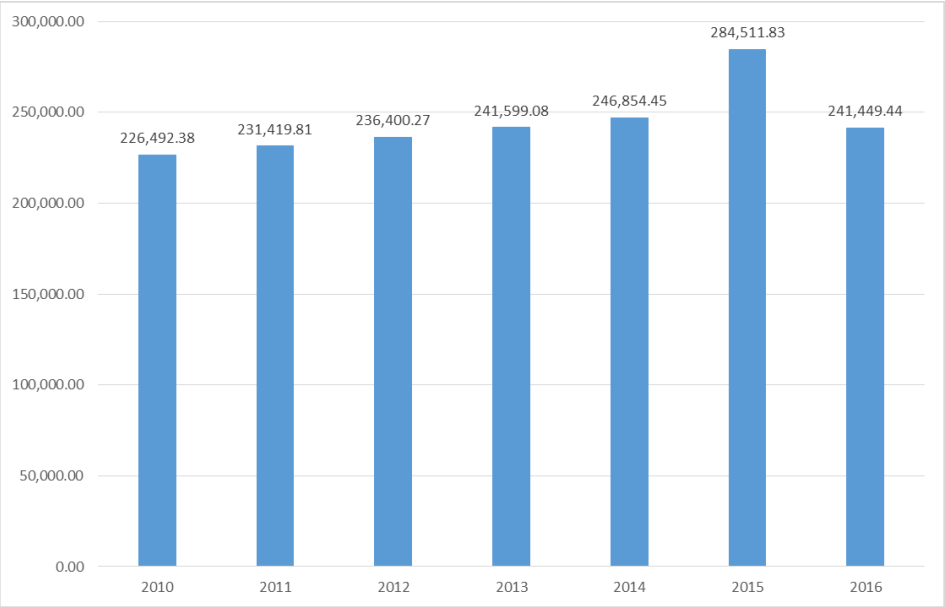
2.3.5.1. Disposición de residuos sólidos

En el departamento de Cajamarca, el manejo de los residuos sólidos municipales, y no municipales se encuentra a cargo de las municipalidades, las cuales son monitoreadas por el Ministerio del Ambiente, con el fin de contar con información, que permita conocer el estado actual de los residuos sólidos a nivel nacional.

Según la información reportada en los informes anuales de residuos sólidos[6] y las estadísticas ambientales proporcionadas por el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA)[7] se tiene que la generación de residuos sólidos para el año 2016 fue de 241 449.44 toneladas. Asimismo, en la siguiente figura se muestra la evolución para el periodo de 2010 al 2016:

[6] Elaborados por el MINAM, disponible en el siguiente link: https://sites.google.com/minam.gob.pe/dgrs/p%C3%A1gina-principal
[7] Disponible en el siguiente link: https://sinia.minam.gob.pe/

Figura 13. Generación de residuos sólidos municipales en Cajamarca, 2010 – 2016 (toneladas/año)



Fuente: Planilla de cálculo de la Eliminación de desechos (4A) del IRGEI de Cajamarca

Para el año 2016, el departamento de Cajamarca contó con un relleno sanitario, y se identificaron un total de 125 áreas degradadas por disposición de residuos sólidos municipales (botaderos)[8].

2.3.5.2. Tratamiento de aguas residuales:

En el departamento de Cajamarca, existen dos Empresas Prestadoras de Servicio denominada EPS SEDACAJ S.A. y MARAÑÓN S.R.L[9] las cuales brindan el servicio de agua potable y alcantarillado. Solo EPS MARAÑÓN brinda el servicio de tratamiento de aguas residuales domésticas.

La EPS SEDACAJ S.A. y MARAÑÓN S.R.L. poseen una cobertura de alcantarillado del 85% y 66% de la población, respectivamente; siendo la EPS MARAÑÓN la que realiza el tratamiento de las aguas servidas mediante el funcionamiento de 2 lagunas facultativas y 1 laguna aireada habiendo tratado 5,626,022.40 m^3 de aguas residuales domésticas en el año 2016.

[8] Fuente: SIGERSOL, https://sigersol.minam.gob.pe/
[9] Fuente: https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf

3. METODOLOGÍA APLICADA

3.1. Metodología para el cálculo de las emisiones y remociones de GEI

El presente IRGEI se elaboró aplicando las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Asimismo, a fin de guardar consistencia con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2016, se utilizó la información disponible para el departamento de Cajamarca, así como los criterios y herramientas desarrollados en el marco del Decreto Supremo N° 013 -2014-MINAM – Aprueban disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INFOCARBONO).

En cada sector del IRGEI 2016, se incluyeron las categorías y subcategorías de emisiones y remociones que ocurren en el departamento de Cajamarca y para las cuales se contó con información sobre los datos de actividad, principalmente.

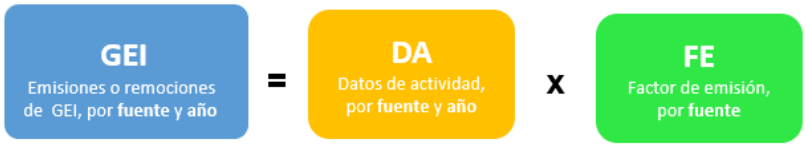
Se aplicaron, fundamentalmente, **métodos de Nivel 1,** con factores de emisión por defecto y datos de actividad reportados por instituciones nacionales. En algunas fuentes del sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra se aplicaron métodos de Nivel 2.

El IRGEI 2016 incluye las emisiones y remociones de dióxido de carbono (CO_2), las emisiones de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). Las emisiones y remociones reportadas han sido expresadas en términos de dióxido de carbono equivalente (CO_2eq) empleando el Poder de Calentamiento Global (PCG) proporcionado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en su Segundo Informe de Evaluación[10].

Cuadro 1. Fórmula básica para estimar las emisiones de GEI

Para estimar una emisión o absorción de GEI de una fuente especifica se multiplica la magnitud anual de una actividad (por ejemplo, producción de cemento, consumo de combustibles), denominado datos de actividad (***DA***), con la masa de los GEI emitidos por unidad de actividad (por ejemplo, Gg de CH_4 por tonelada de combustible), denominado factor de emisión ((***FE***). Por consiguiente, la ecuación básica es la siguiente:

Figura 14. Ecuación básica para el cálculo de las emisiones de GEI

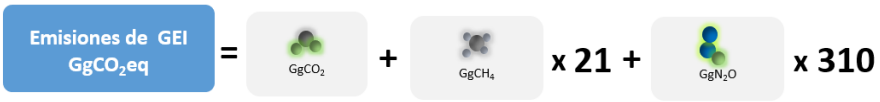


Los principales GEI incluidos en un inventario son:

[10] PCG del CO_2 = 1; PCG del CH_4 = 21 y PCG del N_2O = 310
Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_sar_wg_I_full_report.pdf

El resultado del inventario de GEI se expresa en gigagramos de dióxido de carbono equivalente (CO_2eq). Para ello, los GEI distintos del dióxido de carbono son convertidos a su valor de CO_2eq multiplicando la masa del gas de metano y óxido nitroso por su poder de calentamiento global, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 15. Ecuación de emisiones de GEI (CO_2eq)



3.2. Metodología para el análisis de categorías principales

Las categorías principales son aquellas que tienen la mayor contribución (que acumulan una participación del 95%) en las emisiones de un inventario de GEI.

El objetivo de identificar las categorías principales es la priorización de esfuerzos y la aplicación de mejoras en las estimaciones.

Las Directrices del IPCC de 2006 establecen dos criterios para la identificación de categorías principales. Cada uno contempla dos análisis:

- La evaluación del nivel, en la cual se evalúa la influencia de cada una de las emisiones en cada categoría con respecto a las emisiones totales en el último año del inventario, y
- La evaluación de tendencia, en la cual se evalúa el aporte del cambio de emisiones de cada categoría en el cambio de emisiones o remociones totales, entre el último año y un año de referencia. Existen dos métodos para cada criterio de evaluación (el método 2, a diferencia del método 1, integra en el análisis el valor de la incertidumbre como criterio de selección).

Las categorías principales del presente IRGEI fueron obtenidas aplicando el Método 1 por evaluación de nivel.

El Método 1 de evaluación de nivel, tiene por objetivo medir el aporte de cada categoría de fuente o sumidero al nivel total del IRGEI. Las categorías principales, bajo este enfoque, son aquellas que, al sumarse acumuladas en orden de magnitud descendente, totalizan 95% de la suma de todos los $L_{x,t}$ (evaluación de nivel para la fuente o sumidero x del año t).

4. RESULTADOS

4.1. Emisiones y remociones del IRGEI 2016

En el año 2016, las emisiones del departamento de Cajamarca fueron de 1,660.13 $GgCO_2$, 70.14 $GgCH_4$ y 2.59 GgN_2O que equivalen a 3,935.00 $GgCO_2eq$, representando el 1.92% de las emisiones del país.

La principal fuente de emisiones de GEI proviene del sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra, con 3,062.40 $GgCO_2eq$, que representa el 77.82% de las emisiones totales. Este sector incluye las emisiones de los sectores Agricultura y UTCUTS, con 2,061.58 $GgCO_2eq$ y 1,000.82 $GgCO_2eq$, respectivamente.

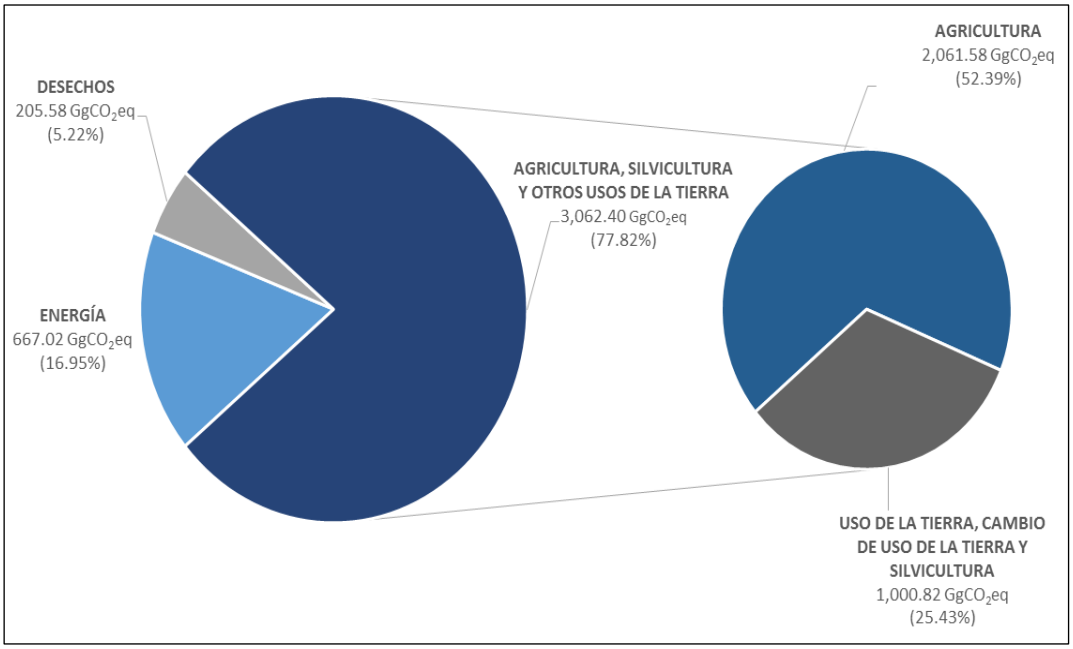
El segundo sector con mayores emisiones de GEI es Energía con 667.02 $GgCO_2eq$, que representa el 16.95% de las emisiones totales de Cajamarca.

Los dos sectores descritos previamente representan alrededor del 94.78% del total de las emisiones de GEI del departamento de Cajamarca, para el año 2016.

El tercer sector que contribuye a las emisiones de GEI es el sector Desechos con 205.58 $GgCO_2eq$ (5.22%). Para el caso del sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP), no se contó con suficiente información del departamento para realizar las estimaciones de GEI.

En la siguiente figura, se presenta la distribución de las emisiones del departamento de Cajamarca según los sectores IPCC.

Figura 16. Distribución porcentual de las emisiones por sectores en el 2016



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se presentan los resultados del IRGEI 2016 en unidades de $GgCO_2eq$ por categorías y subcategorías sectoriales.

Tabla 4. Emisiones y remociones de gases de efecto invernadero de Cajamarca del año 2016

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Dióxido de carbono [$GgCO_2$]	Metano [$GgCO_2eq$]	Óxido nitroso [$GgCO_2eq$]	Emisiones GEI [$GgCO_2eq$]
1	**ENERGÍA**	**627.50**	**30.95**	**8.57**	**667.02**
1A	**Actividades de quema de combustibles**	**627.50**	**29.58**	**8.57**	**665.65**
1A1	**Industrias de la energía**	**0.15**	**0.0001**	**0.004**	**0.15**
1A1a	Producción de electricidad y calor como actividad principal	0.15	0.0001	0.004	0.15
1A1ai	Generación de electricidad: Sistema Aislado (SA)	0.15	0.0001	0.004	0.15
1A2	**Industrias manufactureras y de la construcción**	**76.58**	**0.11**	**0.25**	**76.94**
1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	30.08	0.04	0.11	30.24
1A2m	Industria no especificada	46.50	0.06	0.14	46.71
1A3	**Transporte**	**396.11**	**1.64**	**6.15**	**403.90**
1A3b	Transporte terrestre	396.09	1.64	6.15	403.88
1A3e	Otro tipo de transporte	0.02	0.0002	0.0002	0.02
1A4	**Otros sectores**	**154.66**	**27.83**	**2.16**	**184.65**
1A4a	Comercial/Institucional	34.99	0.11	0.09	35.20
1A4b	Residencial	111.22	25.60	1.64	138.46
1A4c	Agricultura	8.30	2.12	0.43	10.85
1A4c	Pesca	0.15	0.0005	0.0004	0.15
1B	**Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles**		**1.38**		**1.38**
1B1	**Combustibles sólidos**		**1.38**		**1.38**
1B1a	Minería y manejo del carbón		1.38		1.38
1B1ai	Minas subterráneas		1.38		1.38
3	**AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA**	**1,024.02**	**1,265.91**	**772.46**	**3,062.40**
3A	**Ganado**		**1,175.48**	**25.63**	**1,201.11**
3A1	**Fermentación entérica**		**1,154.12**		**1,154.12**
3A2	**Manejo del estiércol**		**21.36**	**25.63**	**46.99**
3B	**Tierras**	**999.32**			**999.32**
3B1	**Tierras forestales**	**210.87**			**210.87**
3B1a	Tierras forestales que permanecen como tierras forestales	227.73			227.73
3B1b	Tierras convertidas en tierras forestales	-16.86			-16.86
3B2	**Tierras de cultivo**	**522.60**			**522.60**
3B2a	Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo	6.06			6.06
3B2b	Tierras convertidas en tierras de cultivo	516.53			516.53
3B3	**Pastizales**	**263.64**			**263.64**
3B3b	Tierras convertidas en pastizales	263.64			
3B5	**Asentamientos**	**2.22**			**263.64**
3B5b	Tierras convertidas en asentamientos	2.22			2.22
3C	**Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO_2 de la tierra**	**24.70**	**90.44**	**746.83**	**861.96**
3C1	**Emisiones por quema de biomasa**		**31.42**	**37.09**	**68.51**
3C1a	Quema de biomasa en tierras forestales		1.04	0.45	1.49
3C1b	Quema de biomasa en tierras de cultivo		4.46	1.71	6.16
3C1c	Quema de biomasa en pastizales		25.92	34.93	60.85
3C3	**Aplicación de urea**	**24.70**			**24.70**
3C4	**Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados**			**530.71**	**530.71**
3C5	**Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados**			**169.14**	**169.14**
3C6	**Emisiones indirectas de N_2O por manejo del estiércol**			**9.89**	**9.89**
3C7	**Cultivo de arroz**		**59.02**		**59.02**

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Dióxido de carbono [$GgCO_2$]	Metano [$GgCO_2eq$]	Óxido nitroso [$GgCO_2eq$]	Emisiones GEI [$GgCO_2eq$]
4	**DESECHOS**	**8.60**	**176.14**	**20.83**	**205.58**
4A	**Eliminación de Desechos Sólidos**		**123.13**		**123.13**
4C	**Incineración e incineración abierta de desechos sólidos**	**8.60**	**2.59**	**0.73**	**11.93**
4C2	**Incineración abierta de desechos**	8.60	2.59	0.73	11.93
4D	**Tratamiento y eliminación de aguas residuales**		**50.42**	**20.10**	**70.52**
4D1	**Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas**		**46.43**	**20.10**	**66.53**
4D1a	Emisiones de metano		46.43		46.43
4D1b	Emisiones de óxido nitroso			20.10	20.10
4D2	**Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales**		**3.99**		**3.99**
Total		**1,660.13**	**1,473.01**	**801.86**	**3,935.00**

Fuente: Elaboración propia

4.2. Categorías principales

El análisis de las categorías principales del IRGEI 2016 del departamento de Cajamarca, se realizó aplicando el método **"evaluación de nivel"** establecido por las Directrices en mención, el cual ha permitido identificar diecisiete categorías principales, siete del sector Agricultura, cinco del sector energía, tres del sector UTCUTS y dos del sector Desechos.

Las categorías de mayor aporte corresponden a las emisiones metano y óxido nitroso: "Fermentación entérica" (29.08%) y "Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados" (13.37%), respectivamente, que corresponden al sector Agricultura; seguido de las emisiones de dióxido de carbono de "Tierras convertidas en tierras de cultivo" (13.02%).

Otras categorías identificadas como principales para las emisiones de dióxido de carbono, son las siguientes: "Transporte terrestre", "Tierras convertidas en pastizales", "Tierras forestales que permanecen como tierras forestales", "Residencial", "Industria no especificada", "Comercial/Institucional" y "Minería (con excepción de combustibles) y cantería".

Respecto a otras categorías identificadas como principales para las emisiones de metano, son las siguientes: "Eliminación de desechos sólidos", "Cultivo de arroz", "Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas" y "Quema de biomasa en pastizales".

En lo referido a otras categorías identificadas como principales para las emisiones de óxido nitroso, son las siguientes: "Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados", "Quema de biomasa en pastizales" y "Manejo del estiércol".

La siguiente tabla se presenta las categorías principales identificadas en la evaluación de nivel del IRGEI 2016 de Cajamarca:

Tabla 5. Análisis de categorías principales – Cajamarca 2016

Código IPCC	Categoría del IPCC	GEI	Estimación del último año ($E_{x,2016}$)	Estimación del último año ($E_{x,2016}$)	Valor absoluto de la estimación del último año	Evaluación del nivel	Total acumulativo
			[GgGEI]	[$GgCO_2eq$]	$\lvert E_{x,2016} \rvert$	$\lvert L_{x,2016} \rvert$	%
3A1	Fermentación entérica	CH_4	54.96	1,154.12	1,154.12	29.08%	28.08%
3C4	Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados	N_2O	1.71	530.71	530.71	13.37%	42.45%
3B2b	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO_2	516.53	516.53	516.53	13.02%	55.47%
1A3b	Transporte terrestre	CO_2	396.09	396.09	396.09	9.98%	65.45%
3B3b	Tierras convertidas en pastizales	CO_2	263.64	263.64	263.64	6.64%	72.09%
3B1a	Tierras forestales que permanecen como tierras forestales	CO_2	227.73	227.73	227.73	5.74%	77.83%
3C5	Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados	N_2O	0.55	169.14	169.14	4.26%	82.09%
4A	Eliminación de Desechos Sólidos	CH_4	5.86	123.13	123.13	3.10%	85.19%
1A4b	Residencial	CO_2	111.22	111.22	111.22	2.80%	88.00%
3C7	Cultivo de arroz	CH_4	2.81	59.02	59.02	1.49%	89.48%
1A2m	Industria no especificada	CO_2	46.50	46.50	46.50	1.17%	90.65%
4D1a	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas - Emisiones de metano	CH_4	2.21	46.43	46.43	1.17%	91.82%
1A4a	Comercial/Institucional	CO_2	34.99	34.99	34.99	0.88%	92.71%
3C1c	Quema de biomasa en pastizales	N_2O	0.11	34.93	34.93	0.88%	93.59%
1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	CO_2	30.08	30.08	30.08	0.76%	94.34%
3C1c	Quema de biomasa en pastizales	CH_4	1.23	25.92	25.92	0.65%	95.00%
3A2	Manejo del estiércol	N_2O	0.08	25.63	25.63	0.65%	95.64%

Donde:

Ex, 2016 = Estimación de emisión o remoción de la categoría x de la fuente o sumidero del año 2016

|Ex, 2016|= Valor absoluto de la estimación de emisión o remoción de la categoría x de la fuente o sumidero del año 2016

|Lx, 2016| = Evaluación de nivel para x de fuente o sumidero del año 2016 del inventario

Fuente: Elaboración propia

5. RESULTADOS DEL SECTOR ENERGÍA – COMBUSTIÓN ESTACIONARIA Y EMISIONES FUGITIVAS

El sector Energía – Combustión Estacionaria aborda las emisiones de GEI generadas por la combustión estacionaria de diversas actividades económicas y sociales como las industrias de la energía (1A1), las industrias manufactureras y de la construcción (1A2) y otros sectores (1A4).

En el caso de las Emisiones fugitivas, esta aborda la liberación intencional o no intencional de GEI que puede ocurrir durante la extracción, el procesamiento y la entrega de los combustibles fósiles al punto de utilización final. Dentro de esta se incluye a las emisiones fugitivas por producción de combustibles sólidos (1B1) y las actividades de petróleo y gas natural (1B2).

La siguiente tabla muestra las categorías de emisiones y los gases generados del sector energía – combustión estacionaria y emisiones fugitivas:

Tabla 6. Categoría de emisiones y gases generados

Código	Descripción	Categorías IPCC	GEI generados – directos e indirectos
1	**Sector**	**Energía**	
1A	**Categoría**	**Quema de combustibles**	
1A1	Subcategoría	Industrias de energía	CO_2, CH_4, N_2O
			SO_2, NO_X, CO, COVDM
1A2	Subcategoría	Industrias de manufactura y construcción	CO_2, CH_4, N_2O
			SO_2, NO_X, CO, COVDM
1A4	Subcategoría	Otros sectores	CO_2, CH_4, N_2O
			SO_2, NO_X, CO, COVDM
1B	**Categoría**	**Emisiones fugitivas provenientes de fabricación de combustibles**	
1B1	Subcategoría	Combustibles sólidos	CO_2, CH_4
1B2	Subcategoría	Petróleo y Gas Natural	CO_2, CH_4, N_2O

Fuente: Elaboración propia

5.1. Análisis del resultado sectorial

Las emisiones de GEI que se reportan en este sector corresponden a la categoría quema de combustible (1A) y emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles sólidos (1B).

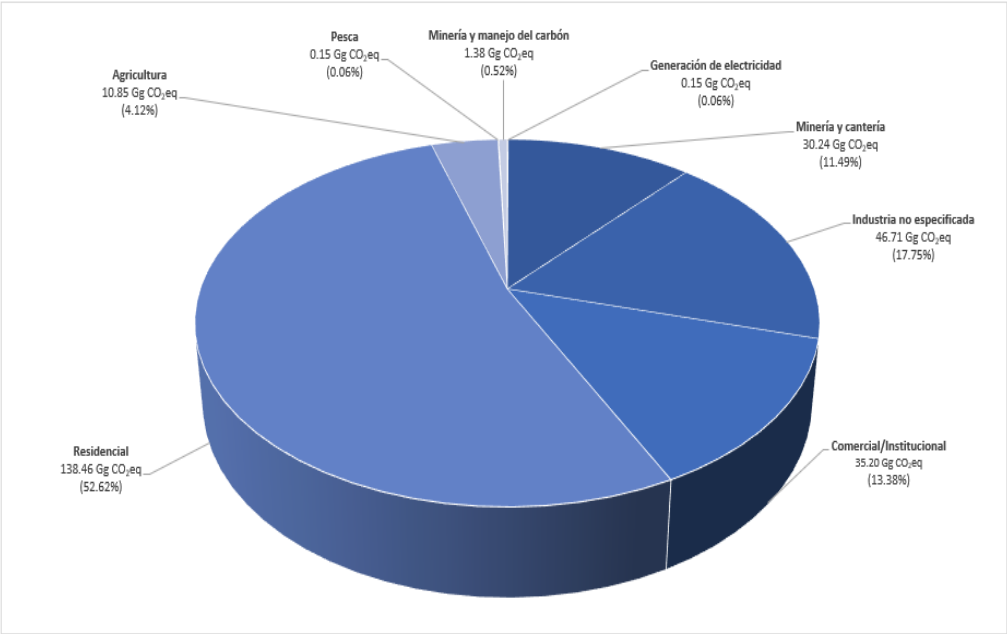
En el año 2016, las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles y emisiones fugitivas en este sector fueron de 263.12 $GgCO_2eq$, que representan el 6.69% de las emisiones totales de Cajamarca.

Las principales fuentes de emisión son la subcategoría Residencial con 138.46 $GgCO_2eq$, representando el 52.62%, seguido por la Industria no específica con 46.71 $GgCO_2eq$ representando el 17.75%, Comercial/institucional con 35.20 $GgCO_2eq$ representando el 13.38% y Minería y cantería con 30.24 $GgCO_2eq$ representando el 11.49% de las emisiones totales del sector. Entre las cuatro subcategorías se concentran el 95.24% de las emisiones del sector energía – combustión estacionaria y emisiones fugitivas.

Por otro lado, las subcategorías: Agricultura (4.12%), Minería y manejo del carbón (0.52%), pesca (0.06%) y generación de electricidad (0.65%) representan el 4.76% restante.

En la siguiente figura, se muestra la distribución de las emisiones de GEI por subcategorías.

Figura 17. Distribución de emisiones por subcategorías del sector energía - combustión estacionaria y emisiones fugitivas, 2016



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la siguiente tabla se presenta los resultados del sector en unidades de $GgCO_2eq$ por subcategorías.

Tabla 7. Resultados de emisiones de GEI del sector Energía – combustión estacionaria y emisiones fugitivas

Fuentes de GEI		Emisiones CO_2 ($GgCO_2$)	Emisiones CH_4 ($GgCO_2eq$)	Emisiones de N_2O ($GgCO_2eq$)	Emisiones totales de GEI ($GgCO_2eq$)
1	**Energía**	**231.39**	**29.32**	**2.42**	**263.12**
1A	**Actividades de quema de combustibles**	**231.39**	**27.94**	**2.42**	**261.75**
1A1	Industrias de energía	0.15	0.0001	0.0004	0.15
1A1a	Producción de electricidad y calor como actividad principal	0.15	0.0001	0.0004	0.15
1A1ai	Generación de electricidad - SA	0.15	0.0001	0.0004	0.15
1A2	Industrias manufacturas y de la construcción	76.58	0.11	0.25	76.94
1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	30.08	0.04	0.11	30.24
1A2m	Industria no especificada	46.50	0.06	0.14	46.71
1A4	Otros sectores	154.66	27.83	2.16	184.65
1A4a	Comercial/Institucional	34.99	0.11	0.09	35.20
1A4b	Residencial	111.22	25.60	1.64	138.46
1A4c	Agricultura	8.30	2.12	0.43	10.85
1A4c	Pesca	0.15	0.0005	0.0004	0.15
1B	**Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles**		**1.38**		**1.38**
1B1a	Minería y manejo del carbón		1.38		1.38

Fuente: Elaboración propia

5.2. Actividades de quema de combustibles

La estimación de las emisiones de GEI se realizó para las siguientes subcategorías:

- 1A1: Industrias de la energía
  - 1A1ai: Generación de electricidad

- 1A2: Industrias manufactureras y de la construcción
  - 1A2i: Minería (con excepción de combustibles) y cantería
  - 1A2m: Industria no especificada

- 1A4: Otros sectores
  - 1A4a: Comercial/ Institucional
  - 1A4b: Residencial
  - 1A4c: Agricultura/pesca

5.2.1. Método de cálculo

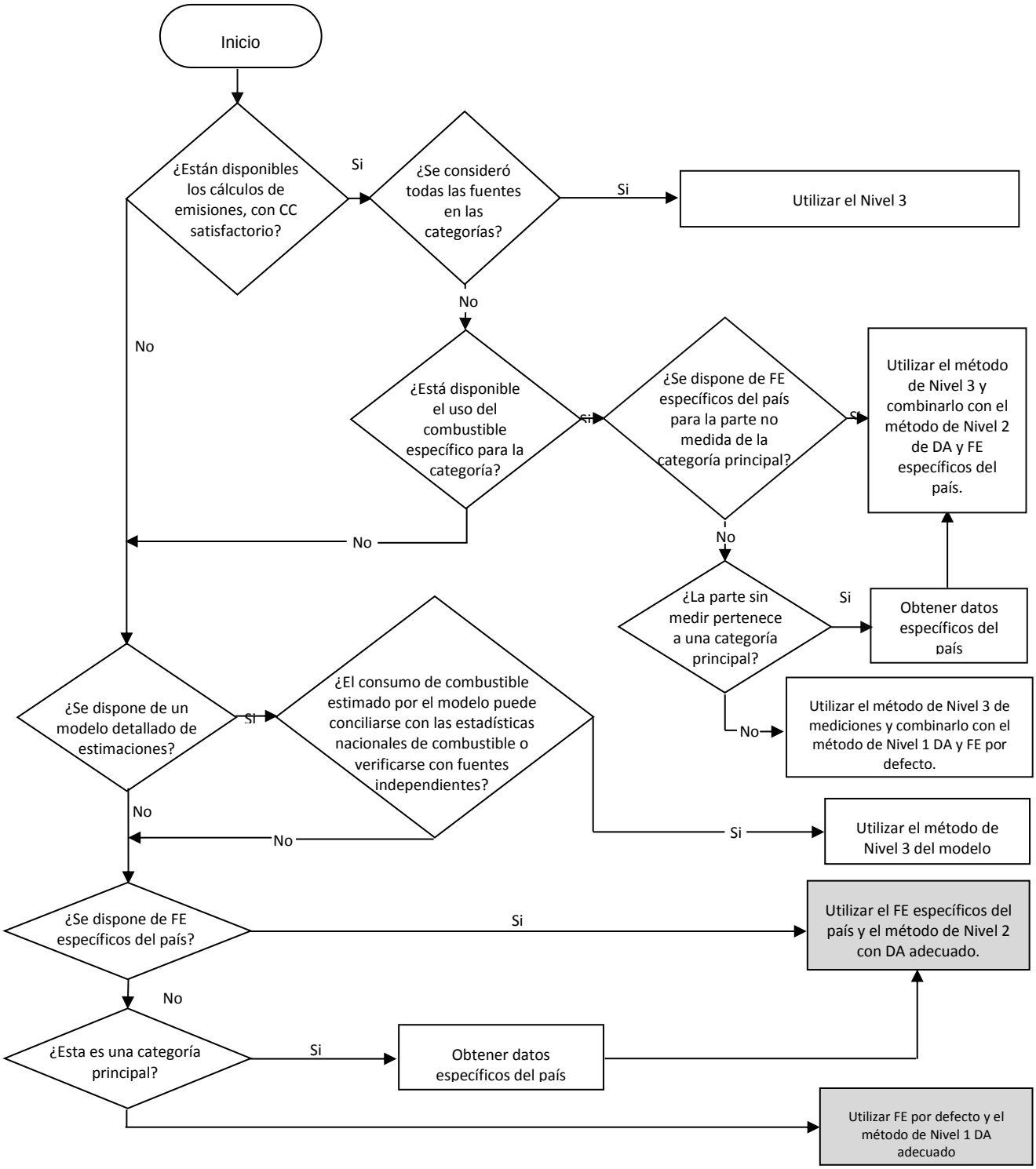
Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos sobre la cantidad de combustible quemado y factores de emisión por defecto.
- Nivel 2: Estima las emisiones empleando datos sobre la cantidad de combustible quemado y factores de emisión específicos del país para la categoría, por tipo de combustible y gas.
- Nivel 3: Estima las emisiones empleando la cantidad de combustible quemado por tipo de tecnología[11] y factores de emisión específico para cada tecnología; y si están disponibles también se usan las mediciones en instalaciones.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones generadas por la quema de combustibles en fuentes estacionarias.

[11] tipo de combustible usado, tecnología de combustión, condiciones de uso, tecnología de control, así como de mantenimiento y antigüedad del equipo

Figura 18. Árbol de decisión para estimar las emisiones de la combustión estacionaria estacionarias



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Pág. 2.15

Para el análisis del árbol de decisiones se consideró lo siguiente:

- No se dispone de mediciones de CO_2, CH_4 y N_2O en las actividades que cubren esta categoría.
- No se cuenta con factor de emisión específico de los combustibles, a excepción del gas natural.
- Esta categoría no representa una categoría principal.

Por lo anterior, para estimar las emisiones de GEI esta categoría se aplicó el método del Nivel 1.

5.2.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de las subcategorías.

Tabla 8. Datos de actividad utilizados en las subcategorías de Actividades de quema de combustibles

Clasificación	Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información
1	**Energía**				
1A	**Actividades de quema de combustibles**				
1A1	Industrias de energía				
1A1a	Producción de electricidad y calor como actividad principal				
1A1a*i*	Generación de electricidad	Cantidad de combustible quemado por tipo (TJ)	Consumo y tipo de combustible, por unidad de generación 2016, en las empresas cuya actividad principal es la generación y venta de electricidad	Diesel 2 (gal)	Hoja 2.13 del libro Excel: 2. ESTADÍSTICA ELÉCTRICA POR REGIONES 2016.xls, del Anuario estadístico de electricidad 2016. Dirección General de Electricidad (MINEM)[12]
1A2	Industrias manufactureras y de la construcción				
1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	Cantidad de combustible quemado por tipo (TJ)	No existe el dato directo (información primaria), por tanto, se calcula a partir de proxis (aproximaciones)	a. Terajulios por tipo de combustible (TJ) b. Estructura porcentual a precios constantes del 2007, por cada departamento del Perú, en el sector "Extracción de petróleo, gas, minerales y servicios conexos" 2016	Dato de actividad aproximado de: a. Tabla 7 del Balance Nacional de Energía 2016. Dirección General de Eficiencia Energética (MINEM, 2016) [13] b. Hoja cuadro 2 del libro Excel: pbi_act03_10.xls del Producto Bruto Interno por departamento (INEI 2019) [14]

[12] Disponible en: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=11738
[13] Disponible en: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/BNE_2016.pdf
[14] Disponible en: https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/producto-bruto-interno-por-departamentos-9089/

Clasificación	Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información
1A2 m	Industria no especificada	Cantidad de combustible quemado por tipo (TJ).		a. Terajulios por tipo de combustible (TJ) b. Estructura porcentual a precios constantes del 2007, por cada departamento del Perú, en el sector "Industrial" 2016	Dato de actividad aproximado de: a. Tabla 8 del Balance Nacional de Energía 2016. Dirección General de Eficiencia Energética (MINEM, 2016)[17] b. Hoja cuadro 2 del libro Excel: pbi_act04_8.xls del Producto Bruto Interno por departamento (INEI 2019)[18]
1A4	**Otros sectores**				
1A4	Comercial	Cantidad de combustible quemado por tipo (TJ)	No existe el dato directo (información primaria), por tanto, se calcula a partir de proxis (aproximaciones)	a. Terajulios por tipo de combustible (TJ) b. Estructura porcentual a precios constantes del 2007, por cada departamento del Perú, en el sector "Alojamiento y restaurantes" 2016	Dato de actividad aproximado de: a. Tabla: Balance energético consolidado-2016 del Balance Nacional de Energía 2016. Dirección General de Eficiencia Energética (MINEM, 2016)[17] b. Hoja cuadro 2 del libro Excel: pbi_act09_8.xls del Producto Bruto Interno por departamento (INEI 2019)[18].
1A4a	Institucional	Cantidad de combustible quemado por tipo (TJ)		a. Terajulios por tipo de combustible (TJ) b. Estructura porcentual a precios constantes del 2007, por cada departamento del Perú, en el sector "Administración pública y defensa" 2016	Dato de actividad aproximado de: a. Tabla: Balance energético consolidado-2016 del Balance Nacional de Energía 2016. Dirección General de Eficiencia Energética (MINEM, 2016)[17] b. Hoja cuadro 2 del libro Excel: pbi_act11_8.xls del Producto Bruto Interno por departamento (INEI 2019)[18]
1A4b	Residencial	Cantidad de combustible quemado por tipo (TJ)		a. Terajulios por tipo de combustible (TJ) b. Población por departamentos en el Perú	Dato de actividad aproximado de: a. Tabla: Balance energético consolidado-2016 del Balance Nacional de Energía 2016. Dirección General de Eficiencia Energética (MINEM, 2016)[17] b. Población por departamentos (INEI 2019)[15]

[15] Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1391/libro.pdf

Clasificación				Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información
			1A4c	Agricultura	Cantidad de combustible quemado por tipo (TJ)		a. Terajulios por tipo de combustible (TJ) b. Estructura porcentual a precios constantes del 2007, por cada departamento del Perú, en el sector "Agricultura, ganadería, caza y silvicultura" 2016	Dato de actividad aproximado de: a. Tabla 5 del Balance Nacional de Energía 2016. Dirección General de Eficiencia Energética (MINEM, 2016) [17] b. Hoja cuadro 2 del libro Excel: pbi_act01_10.xls del Producto Bruto Interno por departamento (INEI 2019)[18]
			1A4c	Pesca	Cantidad de combustible quemado por tipo (TJ)	No existe el dato directo (información primaria), por tanto, se calcula a partir de proxis (aproximaciones)	a. Terajulios por tipo de combustible (TJ) b. Estructura porcentual a precios constantes del 2007, por cada departamento del Perú, en el sector "Pesca y acuicultura" 2016	Dato de actividad aproximado de: a. Tabla 6 del Balance Nacional de Energía 2016. Dirección General de Eficiencia Energética (MINEM, 2016) [17]. b. Hoja cuadro 2 del libro Excel: pbi_act02_12.xls del Producto Bruto Interno por departamento (INEI 2019)[18]

Fuente: Elaboración propia

5.2.3. Factores de emisión y conversión

Los factores de emisión de los combustibles empleados para estimar las emisiones por la quema de combustibles corresponden a los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

La siguiente tabla presenta los factores de emisión por defecto de los combustibles y por tipo de gas de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 9. Factores de emisión por tipo de combustibles

Combustible		CO_2	CH_4	N_2O
		FE por defecto ($kgCO_2/TJ$)	FE por defecto ($kgCH_4/TJ$)	FE por defecto (kgN_2O/TJ)
Petróleo crudo		73,300.00	3.00	0.60
Gas Natural Licuado		64,200.00	3.00	0.60
Gasolina para motores		69,300.00	3.00	0.60
Gas/Diésel Oil		74,100.00	3.00	0.60
Fuelóleo residual		77,400.00	3.00	0.60
Gases licuados de petróleo		63,100.00	1.00	0.10
Antracita		98,300.00	1.00	1.50
Carbón de coque		94,600.00	1.00	1.50
Gas natural		56,126.26	1.00	0.10
Biocombustibles líquidos	Biogasolina	70,800.00	3.00	0.60
	Biodiésel	70,800.00	3.00	0.60
	Otros biocombustibles líquidos	79,600.00	3.00	0.60
Biomasa sólida	Otra biomasa sólida primaria	100,000.00	30.00	4.00
	Madera/Desechos de madera	112,000.00	300.00	4.00
	Carbón vegetal	112,000.00	200.00	4.00
Biomasa gaseosa	Gas de vertedero	54,600.00	1.00	0.10
Kerosene		71,900.00	3.00	0.60

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol 2, pág. 2.22 - 2.23

Para utilizar los factores de emisión señalados anteriormente y según cada fuente de emisión de GEI se ha tenido que usar distintos factores de conversión de manera que se llevan las unidades originales a las requeridas según cada factor de emisión. Los factores de conversión que se han requerido son los siguientes:

Tabla 10. Valor Calórico Neto (VCN) de los combustibles

Tipo de combustible	VCN	Unidad	Fuente
Petróleo Industrial 500	1.51E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Petróleo Industrial 6	1.50E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Petróleo Industrial	1.51E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gasolina	1.18E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Diésel	1.35E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Gas Licuado de Petróleo	2.64E-02	TJ/m^3	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gas Natural	3.60E-05	TJ/m^3	Cálculo a partir de datos de Calidad
Bagazo	1.16E-02	TJ/t	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Carbón vegetal	2.95E-02	TJ/t	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Kerosene	3.55E-02	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Carbón mineral	2.67E-02	TJ/t	Cálculo a partir de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Gas de refinería	6.49E-05	TJ/m^3	Cálculo a partir de datos de las Directrices del IPCC de

Tipo de combustible	VCN	Unidad	Fuente
			2006
Etanol	9.05E-05	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Biocombustible	9.05E-05	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Biogás (vertedero)	6.12E-05	TJ/m^3	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006

Fuente: Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía del año 2016. Categoría: Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas – MINEM.

Tabla 11. Densidad de los combustibles

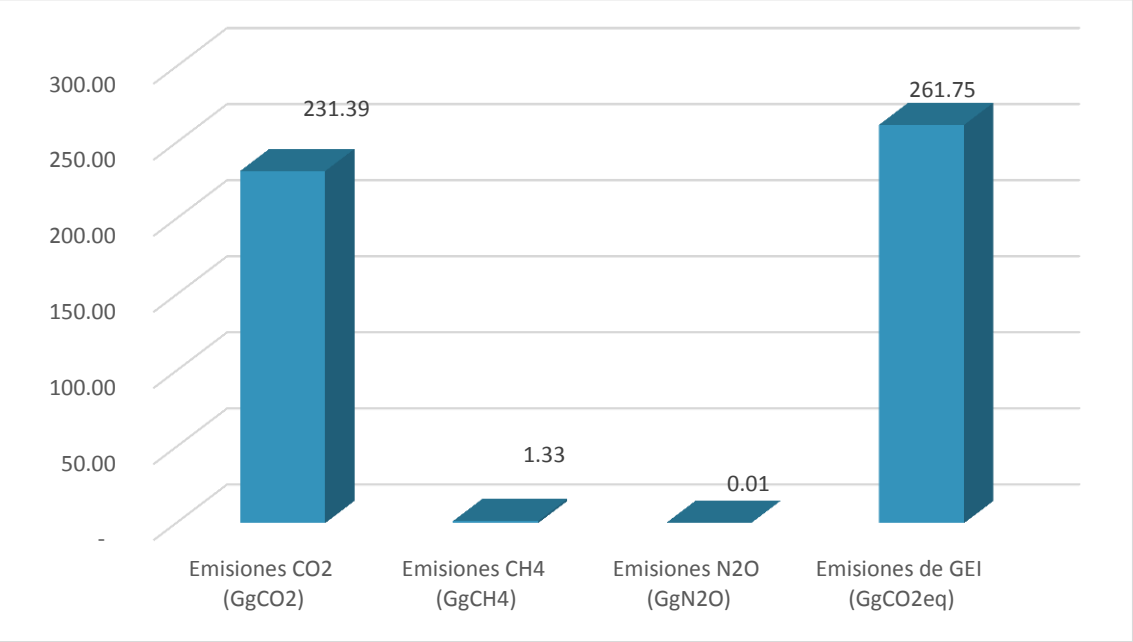
Combustible	Densidad	Unidad	Fuente
Petróleo Industrial 6	3.71E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Petróleo Industrial 500	3.75E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Petróleo Industrial	3.73E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gasolina	2.73E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Diésel	3.14E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Gas Licuado de Petróleo	5.58E-04	Gg/m^3	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gas de refinería	1.31E-06	Gg/m^3	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Gas Natural	7.88E-07	Gg/m^3	Cálculo a partir de datos de Calidda
Kerosene	8.10E-04	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Etanol	3.35E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de NTP 321.125
Biodiesel	3.35E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de NTP 321.125
Biogás (vertedero)	1.22E-06	Gg/m^3	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006

Fuente: Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía del año 2016. Categoría: Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas – MINEM

5.2.4. Análisis de resultados

Para el año 2016, las emisiones generadas por las actividades de quema de combustible en fuentes estacionarias fueron de 231.39 $GgCO_2$, 1.33 $GgCH_4$ y 0.01 GgN_2O que equivalen a 261.75 $GgCO_2eq$, representando el 99.48% de las emisiones del sector.

Figura 19. Emisiones de GEI generados por actividades de quema de combustibles, año 2016



Fuente: Elaboración propia

5.3. Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles

La estimación de las emisiones fugitivas de GEI se realizó para la siguiente subcategoría:

❖ 1B1: Combustibles sólidos
1B1a: Minería y manejo del carbón

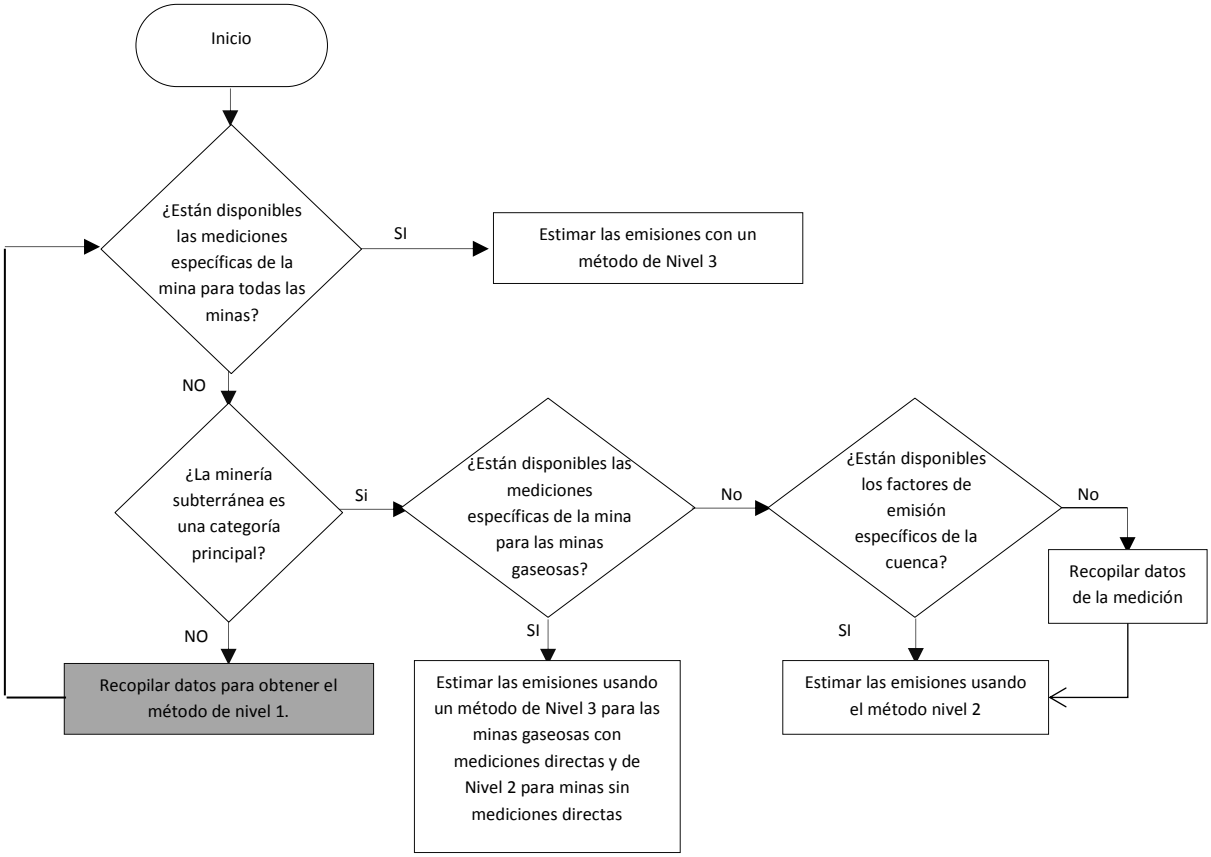
5.3.1. Método de cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando la producción de carbón subterráneo y factor de emisión metano por defecto que está en función de la profundidad de las principales capas de carbón.
- Nivel 2: Estima las emisiones empleando la producción de carbón subterráneo, mediciones específicas de la mina para las minas gaseosas y factores de emisión específicos de la cuenca.
- Nivel 3: Emplea datos específicos de la mina, basados en las mediciones del aire de ventilación y en las mediciones del sistema de desgasificación.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones fugitivas generadas por las minas de carbón mineral.

Figura 20. Árbol de decisión para las minas de carbón mineral subterráneo



Fuente: Directrices del IPCC De 2006, Vol.4, Pág. 4.11

Para el análisis del árbol de decisiones se consideró lo siguiente:

- En el Perú no se dispone de información sobre mediciones específicas en minerías subterráneas de carbón.
- La producción de carbón no es categoría principal.

Por lo anterior, el método de cálculo aplicado para la estimación de emisiones de GEI esta subcategoría es el nivel 1.

5.3.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de las subcategorías.

Tabla 12. Datos de actividad utilizados en las subcategorías de Actividades de quema de combustibles

Clasificación			Fuente de emisión/ captura	Dato de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información
1			Energía				
	1B		Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles				
		1B1ai	Minería	Producción de carbón subterráneo	Producción de carbón mineral	10^3 Kg	Cuadro 51 del Balance Nacional de Energía 2016. Dirección General de Eficiencia Energética (MINEM, 2016)

Fuente: Elaboración propia

5.3.3. Factores de emisión y conversión

Los factores de emisión utilizados para las fuentes en esta categoría son los siguientes:

Tabla 13. Factores de emisión del metano de la minería subterránea del carbón

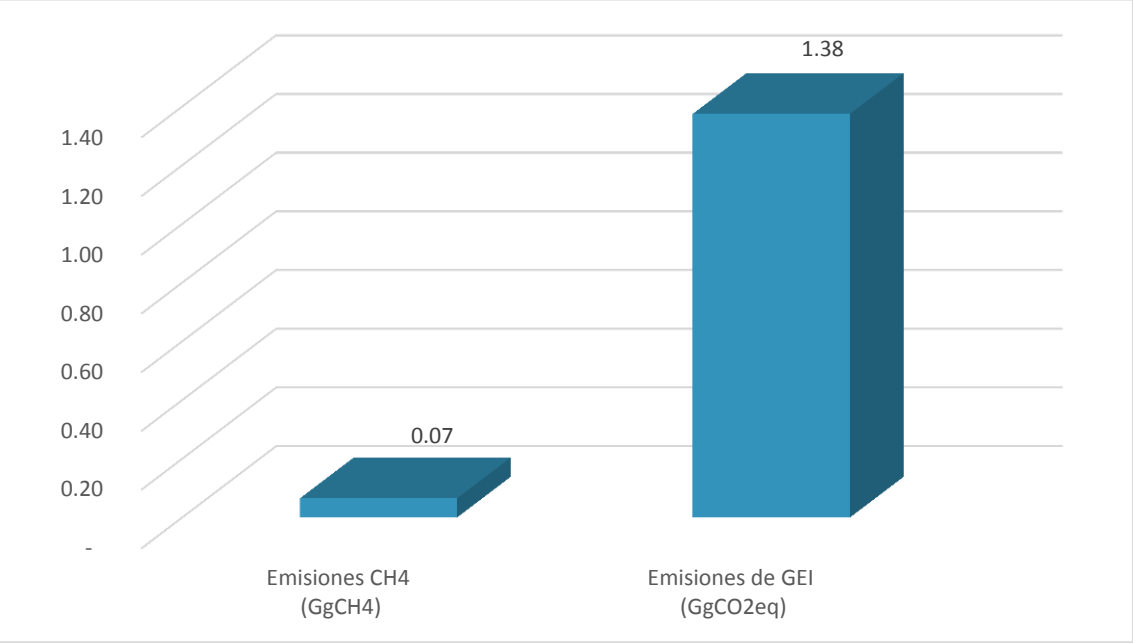
Etapa	CH_4
	FE por defecto (m^3/t)
Extracción	17.5
Post-extracción	2.45

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4, Capítulo 4, Página 4.12.

5.3.4. Análisis de resultados

Para el año 2016, las emisiones fugitivas por la producción de carbón mineral fueron de 0.07 $GgCH_4$ que equivalen a 1.38 $GgCO_2eq$, representando el 0.52% de las emisiones del sector.

Figura 21. Emisiones fugitivas por la producción de carbón mineral, año 2016



Fuente: Elaboración propia

6. RESULTADOS DEL SECTOR ENERGÍA - COMBUSTIÓN MÓVIL

El sector Energía - Combustión Móvil aborda las emisiones de GEI generadas por la quema de diversos tipos de combustibles en las fuentes móviles. Estas emisiones se estiman en base a la actividad principal que las genera, es decir, el transporte. Dentro de la categoría Transporte (1A3) se incluye las emisiones derivadas de la Aviación civil (1A3a), Transporte terrestre (1A3b), Ferrocarriles (1A3c), Navegación marítima y fluvial (1A3d) y Otro tipo de transporte (1A3e).

La siguiente tabla muestra las categorías de emisiones y los gases generados del sector energía – combustión móvil:

Tabla 14. Categoría de emisiones y gases generados

Código	Descripción	Categorías de fuentes y sumideros	GEI generados – directos e indirectos
1	**Sector**	**Energía**	
1A	**Categoría**	**Quema de combustibles**	
1A3	**Subcategoría**	**Transporte**	
1A3a	Subcategoría	Aviación civil	CO_2, CH_4, N_2O
			SO_2, NO_X, CO, COVDM
1A3b	Subcategoría	Transporte terrestre	CO_2, CH_4, N_2O
			SO_2, NO_X, CO, COVDM
1A3c	Subcategoría	Ferrocarriles	CO_2, CH_4, N_2O
			SO_2, NO_X, CO, COVDM
1A3d	Subcategoría	Navegación marítima y fluvial	CO_2, CH_4, N_2O
			SO_2, NO_X, CO, COVDM
1A3e	Subcategoría	Otro tipo de transporte	CO_2, CH_4, N_2O
			SO_2, NO_X, CO, COVDM

Fuente: Elaboración propia

6.1. Análisis del resultado sectorial

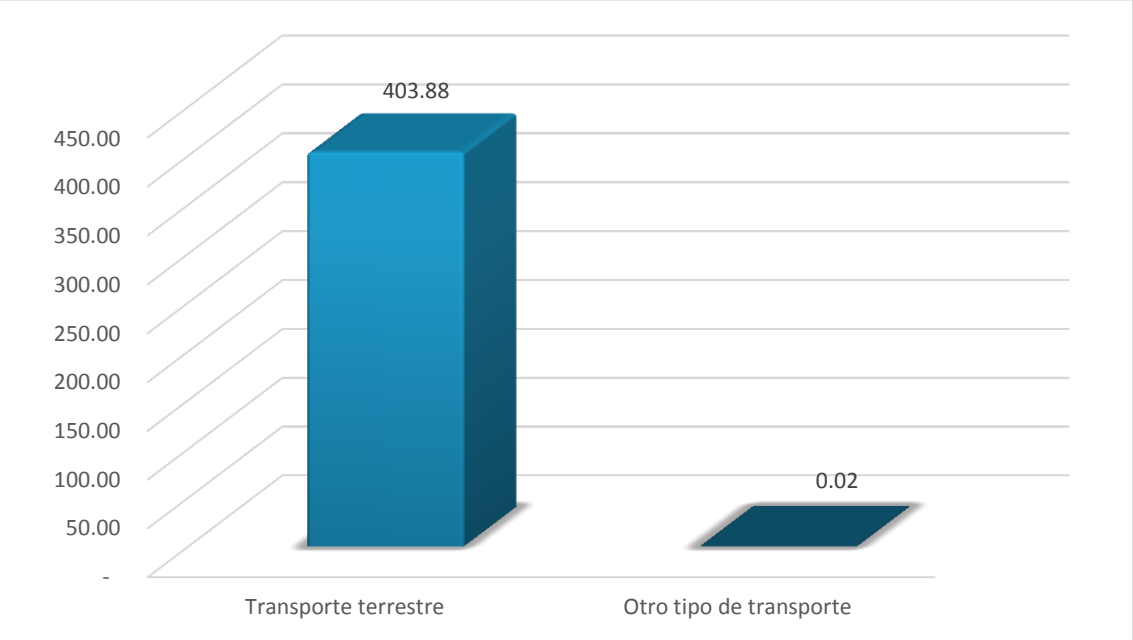
Las emisiones de GEI que se reportan en este sector corresponden a la categoría quema de combustible (1A), específicamente de la subcategoría Transporte. Las emisiones generadas por los ferrocarriles (1A3c) y la navegación marítima y fluvial (1A3C) no han sido estimadas debido a que dichas actividades no ocurren en el departamento de Cajamarca para el año 2016. Asimismo, debido a que no se registra venta de combustible de aviación en el periodo evaluado, las emisiones por la aviación civil tampoco han sido contabilizadas.

En el año 2016, las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles en este sector fueron de 403.90 $GgCO_2eq$, que representan el 10.26% de las emisiones totales de Cajamarca.

La principal fuente de emisión es la subcategoría transporte terrestre con 403.88 $GgCO_2eq$ representando el 99.99% de las emisiones totales del sector. La subcategoría otro tipo de transporte representa el 0.01% restantes.

En la siguiente figura, se muestra la distribución de las emisiones de GEI por subcategorías.

Figura 22. Distribución de emisiones por subcategorías del sector energía – combustión móvil, 2016



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la siguiente tabla se presenta los resultados del sector en unidades de $GgCO_2eq$ por subcategorías.

Tabla 15. Resultados de emisiones de GEI del sector Energía – combustión móvil

Fuentes de GEI		Emisiones CO_2 ($GgCO_2$)	Emisiones CH_4 ($GgCO_2eq$)	Emisiones de N_2O ($GgCO_2eq$)	Emisiones totales de GEI ($GgCO_2eq$)
1	**Energía**	**396.11**	**1.64**	**6.15**	**403.90**
1A	**Actividades de quema de combustibles**	**396.11**	**1.64**	**6.15**	**403.90**
1A3	Transporte	**396.11**	**1.64**	**6.15**	**403.90**
1A3b	Transporte terrestre	396.09	1.64	6.15	403.88
1A3bi	Automóviles	64.44	0.53	0.92	65.89
1A3bii	Camiones para servicio ligero	183.80	0.43	2.94	187.17
1A3biii	Camiones para servicio pesado y autobuses	91.04	0.10	1.48	92.63
1A3biv	Motocicletas	56.81	0.58	0.80	58.19
1A3e	Otro tipo de transporte	0.02	0.0002	0.0002	0.02
1A3e*ii*	Todo terreno	0.02	0.0002	0.0002	0.02

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Transporte terrestre

Se incluyen las emisiones de GEI procedentes de la quema y la evaporación que emanan del uso de combustibles en vehículos terrestres. La estimación de las emisiones de GEI se realizó para las siguientes subcategorías:

- 1A3bi: Automóviles
- 1A3bii: Camiones para servicio ligero
- 1A3biii: Camiones para servicio pesado y autobuses
- 1A3biv: Motocicletas

En la siguiente tabla se muestra la correspondencia entre las subcategorías del IPCC y la clasificación vehicular del Perú[16].

Tabla 16. Correspondencia de tipo de vehículos entre las subcategorías del IPCC y la clasificación vehicular del Perú

Categoría IPCC	Definición IPCC	Clasificación Nacional según MTC
1A3bi Automóviles	Emisiones de automóviles designados como tales en el país que los registra principalmente para el transporte de personas y habitualmente con una capacidad de 12 personas o menos.	Automóvil + station wagon
1A3bii Camiones para servicio ligero	Emisiones de vehículos designados como tales en el país que los registra principalmente para el transporte de cargas ligeras o que están equipados con características especiales tales como tracción en las cuatro ruedas para operación fuera de carreteras. El peso bruto del vehículo suele oscilar entre los 3500 y los 3900 kg o menos.	Camionetas (pick up + rural + panel)
1A3biii Camiones para servicio pesado y autobuses	Emisiones de todos los vehículos designados como tales en el país en que están registrados. Habitualmente, el peso bruto del vehículo oscila entre los 3500 y los 3900 kg o más para camiones pesados y los autobuses están calificados para transportar a más de 12 personas.	Ómnibus + camión + remolcador
1A3biv Motocicletas	Emisiones de todo vehículo motorizado diseñado para viajar con no más de 3 ruedas en contacto con el pavimento y que pese menos de 680 kg.	Vehículos menores (Motos y mototaxis)

Fuente: Elaboración propia

Las "Emisiones por evaporación procedentes de vehículos" y "Catalizadores en base a urea", no han sido estimadas por qué no se cuenta con información.

6.2.1. Método de cálculo

Las Directrices del IPCC de 2006 establecen dos niveles de cálculo para estimar las emisiones de dióxido de carbono (CO_2); y tres niveles para el cálculo de metano y óxido nitroso (CH_4 y N_2O).

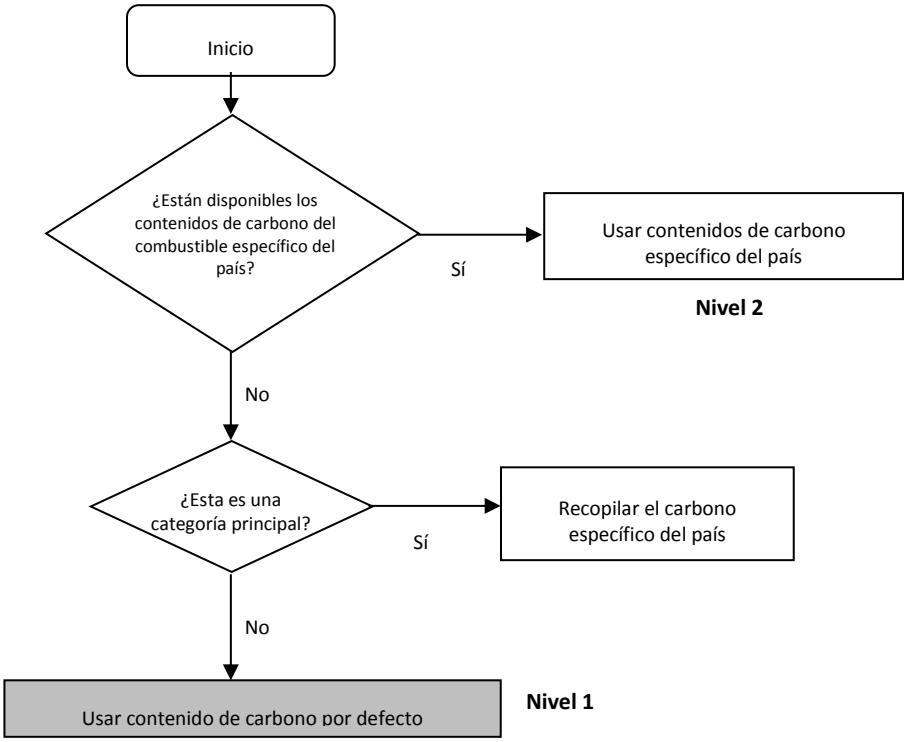
<u>Para las emisiones de CO_2</u>

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando la cantidad de combustible vendido para el transporte terrestre y los factores de CO_2 por defecto.
- Nivel 2: Es igual al nivel 1, pero utilizando el contenido de carbono específico del país del combustible vendido para el transporte terrestre.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, el cual facilita la elección del nivel de cálculo para estimar las emisiones de CO_2 por quema de combustible en vehículos.

[16] Directiva N° 002-2006- MTC/15, "Clasificación vehicular y estandarización de características registrables vehiculares", aprobada por Resolución Directoral N° 4848-2006-MTC/15.
Disponible en el siguiente link: www.transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/directivas/1_0_1743_.pdf

Figura 23. **Árbol de decisión para las emisiones de CO_2 procedentes de la quema de combustible en vehículos terrestres**



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 2. Capítulo 3. Pág. 3.11

Para el análisis del árbol de decisiones se consideró lo siguiente:

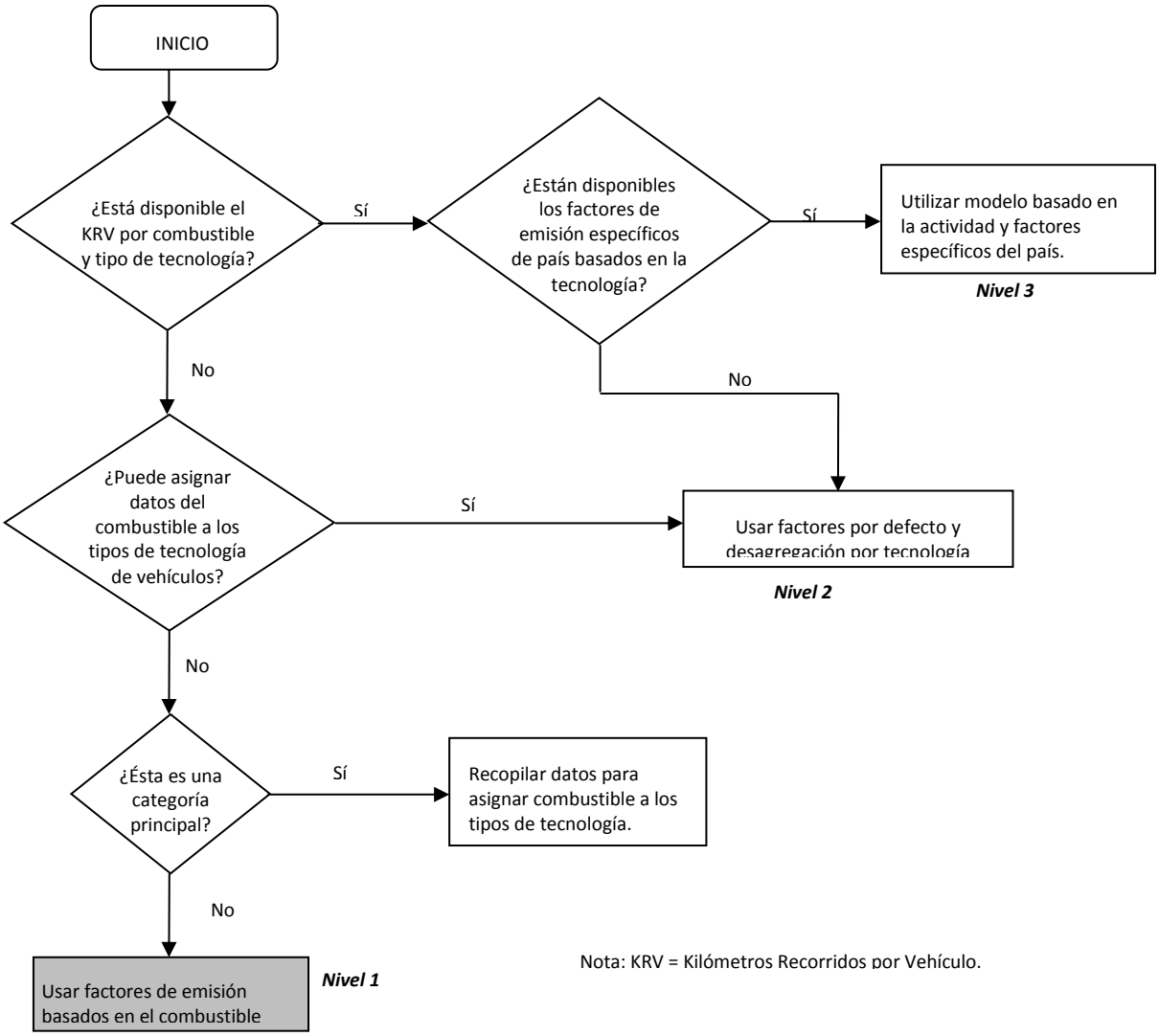
- No se cuenta con factores de emisión específicos de los combustibles.

Por lo anterior, el método de cálculo aplicado para la estimación de emisiones de GEI en esta subcategoría es el nivel 1.

<u>Para las emisiones de CH_4 y N_2O</u>

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos sobre el combustible vendido para transporte terrestre y factores de emisión basados en el combustible.
- Nivel 2: Es igual al nivel 1, pero utilizando factores de emisión basados en el combustible, específico de las subcategorías de vehículos.
- Nivel 3: Exige datos específicos para generar factores de emisión basados en la actividad para las subcategorías de vehículos, y puede incluir modelamiento.

Figura 24. **Árbol de decisión para las emisiones de CH_4 y N_2O de los vehículos terrestres**



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 2. Capítulo 3. Pág. 3.14

Para el análisis del árbol de decisiones se consideró lo siguiente:

- No se cuenta con información sobre kilómetros recorridos por tipo de combustible y tecnología.
- No se cuenta con factores de emisión específicos por tecnología.

Por lo anterior, el método de cálculo aplicado para la estimación de emisiones de GEI en esta subcategoría es el nivel 1.

6.2.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de las subcategorías.

Tabla 17. Datos de actividad utilizados en la subcategoría de transporte terrestre

Clasificación	Fuente de emisión/ captura	Dato de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información
1	**Energía**				
1A	**Actividades de quema de combustibles**				
1A3	**Transporte**				
1A3b	Terrestre				
1A3b*i*	Automóviles	Combustible vendido (TJ)	a. Demanda de establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP), sin incluir grifos flotantes. b. Parque Automotor circulante de autos y station wagon. c. Parque automotor inscrito de autos y station wagon.	a. Unidades de masa o volumen (Miles de Barriles). b. Parque automotor circulante: Unidades de autos y station wagon. c. Parque automotor inscritos: unidades de autos y station wagon por tipo de combustible	a. Libro Excel: RQ_Comb_VF_2005_2018 OSINERGMIN –SCOP (s.f). b. Hoja "2016" del libro Excel: Transporte carretero 2_4__21.xlsx Parque Automotor Nacional Estimado por Clase Vehicular, según Departamento: 2011-2018, elaborado por la Oficina de estadística OGPP del MTC[17] c. Libro Excel: Parque automotor registrado por tipo de combustible 2007-2016. Elaborado por la Oficina de estadística OGPP del MTC (s.f).
1A3b*ii*	Camiones para servicio ligero		a. Demanda de establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP), sin incluir grifos flotantes. b. Parque Automotor circulante de camiones para servicio ligero. c. Parque automotor inscrito de camiones para servicio ligero.	a. Unidades de masa o volumen (Miles de Barriles). b. Parque automotor circulante: Unidades de camionetas: Pick up, rurales y panel. c. Parque automotor inscritos: unidades de camionetas: Pick up, rurales y panel.	
1A3b*iii*	Camiones para servicio pesado y autobuses		a. Demanda de establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP), sin incluir grifos flotantes. b. Parque Automotor circulante de camiones para servicio pesado y autobuses. c. Parque automotor inscritos de	a. Unidades de masa o volumen (Miles de Barriles). b. Parque automotor circulante: Unidades de camiones de servicio pesado y omnibus. c. Parque automotor inscritos: unidades de camiones de servicio pesado y omnibus.	

[17] Disponible en: http://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/transportes.html

Clasificación	Fuente de emisión/ captura	Dato de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información
			camiones para pesado y autobuses.		
1A3b*iv*	Motocicleta		a. Demanda de establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP), sin incluir grifos flotantes. b. Parque automotor inscritos de motos.	a. Unidades de masa o volumen (Miles de Barriles). b. Parque automotor inscritos: unidades de motos y motocicletas.	a. Libro Excel: RQ_Comb_VF_2005_2018 OSINERGMIN –SCOP (s.f). b. Libro Excel: Transporte carretero 2_4__8.xlsx Parque de Vehículos Menores Inscritos, según Departamento: 2009-2018, de la Oficina de estadística OGPP del MTC

Fuente: Elaboración propia

6.2.3. Factores de emisión y conversión

Los factores de emisión de los combustibles empleados para estimar las emisiones del transporte terrestre corresponden a los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

Las siguientes tablas presentan los factores de emisión por defecto de los combustibles y por tipo de gas de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 18. Factores de emisión de CO_2

Tipo de combustible	Dióxido de carbono ($KgCO_2/TJ$)	Fuente
Gasolina para motores	69,300	Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, p. 3.16, cuadro 3.2.1
Gas/Diesel Oil	74,100	
Gases licuados de petróleo	63,100	
Gas natural	56,126	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía – Combustión Estacionaria y Emisiones Fugitivas del 2016.
Biogasolina / Biodiesel	70,800	Directrices del IPCC de 2006, Vol 2, pág. 1.25, cuadro 1.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Factores de emisión de CH_4 y N_2O

Tipo de combustible	Metano ($KgCH_4/TJ$)	Óxido Nitroso (KgN_2O/TJ)
Gasolina para motores – sin controlar	33.00	3.20
Gas / Diesel Oil	3.90	3.90
Gas Natural	92.00	3.00
Gas licuado de petróleo	62.00	0.20
Etanol, camionetas Estados Unidos	260.00	41.00
Etanol, automóviles, Brasil	18.00	-
Biocombustible	3.00	0.60

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, p. 3.16, cuadro 3.2.1

Para utilizar los factores de emisión señalados anteriormente y según cada fuente de emisión de GEI se ha tenido que usar factores de conversión de manera que se llevan las unidades originales a las requeridas según cada factor de emisión. Los factores de conversión que se han requerido son los siguientes:

Tabla 20. Valor Calórico Neto de los combustibles

Tipo de combustible	VCN	Unidad	Fuente
Gasolina	1.18E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Diésel	1.35E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Gas Licuado de Petróleo	2.64E-02	TJ/m^3	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gas Natural	3.60E-05	TJ/m^3	Cálculo a partir de datos de Calidad.
Etanol	9.05E-05	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Biocombustible	9.05E-05	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Densidades de los combustibles.

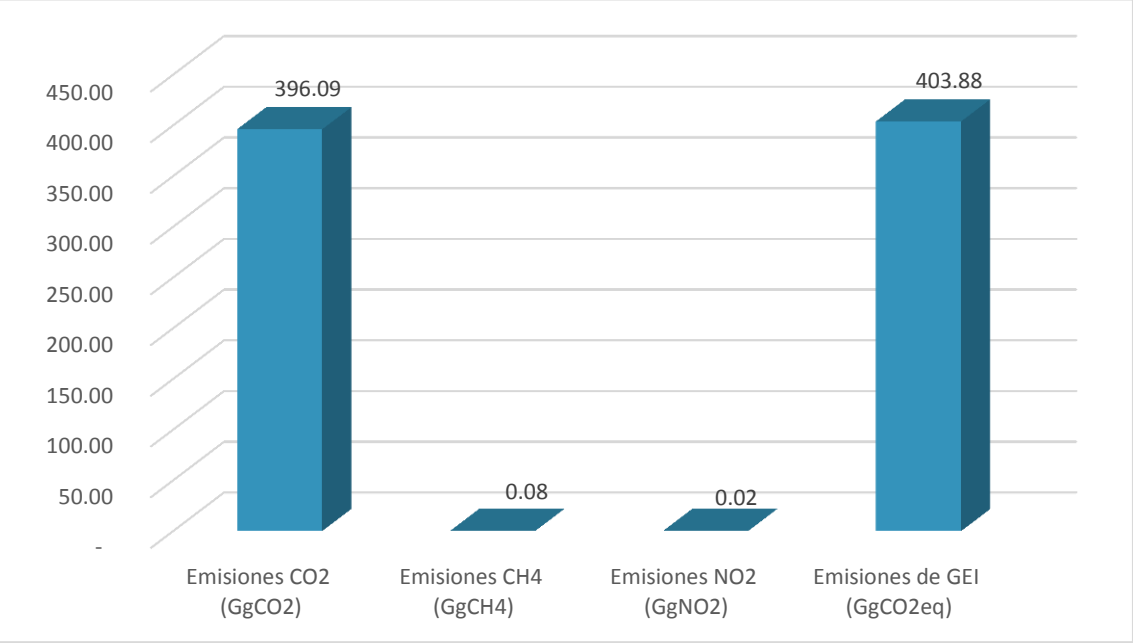
Combustible	Densidad	Unidad	Fuente
Gasolina	2.73E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Diésel	3.14E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Gas Licuado de Petróleo	5.58E-04	Gg/m^3	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gas Natural	7.88E-07	Gg/m^3	Cálculo a partir de datos de Calidda
Etanol	3.35E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de NTP 321.125
Biodiesel	3.35E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de NTP 321.125

Fuente: Elaboración propia

6.2.4. Análisis de resultados

Para el año 2016, las emisiones generadas por el transporte terrestre fueron de 396.09 $GgCO_2$, 0.08 $GgCH_4$ y 0.02 GgN_2O que equivalen a 403.88 $GgCO_2eq$, representando el 99.99% de las emisiones del sector.

Figura 25. Emisiones de GEI generados por el transporte terrestre, año 2016



Fuente: Elaboración propia.

6.3. Otro tipo de transporte

Las emisiones de GEI son el resultado de la quema de combustible de todas las demás actividades de transporte, incluidos el transporte por tubería, las actividades terrestres en aeropuertos y puertos.

6.3.1. Método de cálculo

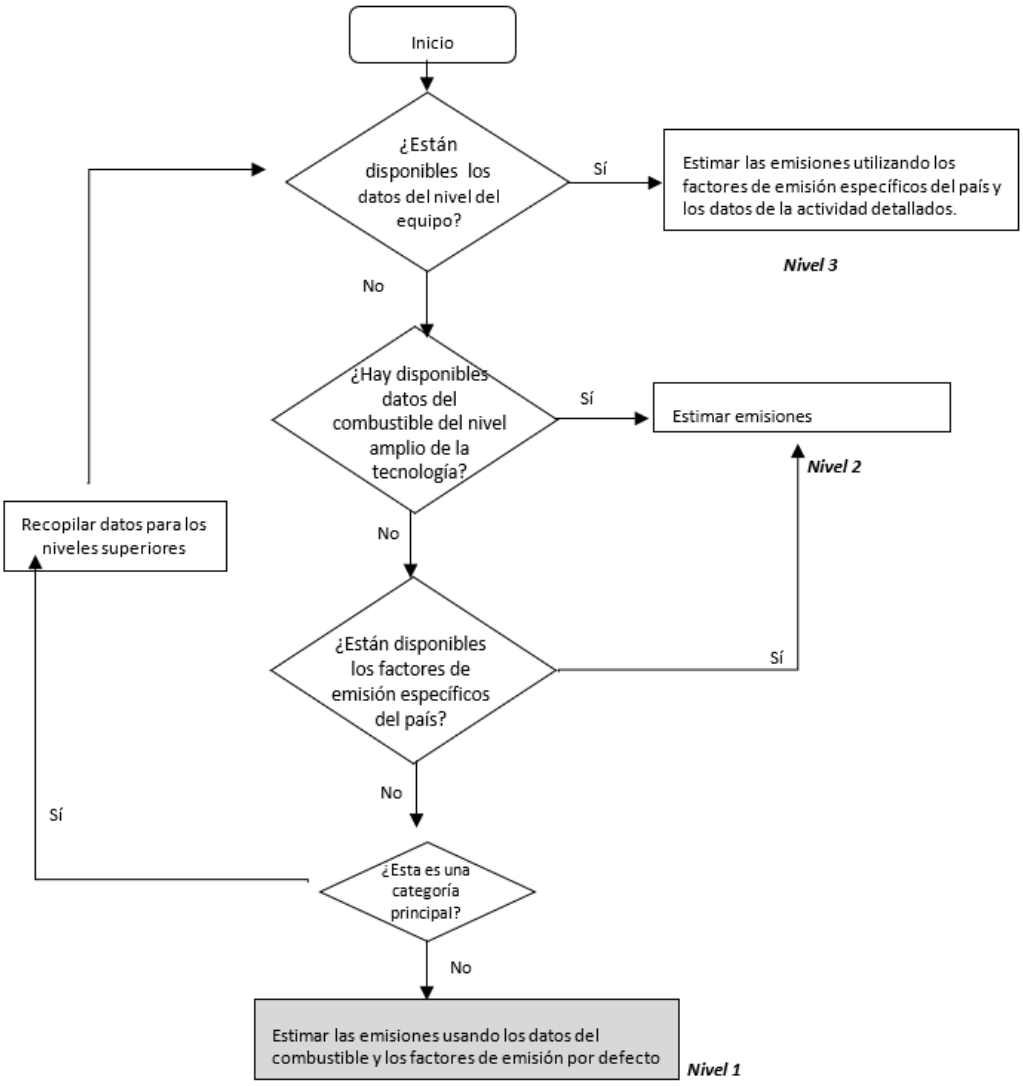
Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones usando los factores de emisión por defecto, por tipo de combustible.

- Nivel 2: Estima las emisiones usando factores de emisión específicos del país, por tipo de combustible.
- Nivel 3: requiere información de las horas anuales de uso y de los parámetros específicos del equipo, como la potencia nominal, el factor de carga y los factores de emisión sobre la base de la utilización de energía.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, el cual facilita la elección del nivel de cálculo para estimar las emisiones de vehículos de todo terreno.

Figura 26. Árbol de decisión para estimar las emisiones procedentes de los vehículos todo terreno



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 2. Capítulo 3. Pág. 3.34

Para el análisis del árbol de decisiones se consideró lo siguiente:

- No se dispone de información sobre las horas anuales de uso y de los parámetros específicos de los equipos.
- No se cuenta con factores de emisión específicos de los combustibles.
- Esta categoría no representa una categoría principal.

Por lo anterior, el método de cálculo aplicado para la estimación de emisiones de GEI esta subcategoría es el nivel 1.

6.3.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de esta subcategoría.

Tabla 22. Datos de actividad utilizados en la subcategoría de Otro tipo de transporte

Clasificación	Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información
1	**Energía**				
1A	**Actividades de quema de combustibles**				
1A3	Transporte				
1A3e	Todo terreno	Consumo de combustible en vehículos todo terreno	Consumo de combustible en vehículos internos de aeropuertos	gal	ADP: Estadísticas Vehículos Circulantes Transporte Interno - PROV.xlsx TALMA: Estadísticas Vehículos Circulantes Transporte Interno - PROV.xlsx

Fuente: Elaboración propia.

6.3.3. Factores de emisión y conversión

Los factores de emisión de los combustibles empleados corresponden a los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

La siguiente tabla presenta los factores de emisión por defecto de los combustibles y por tipo de gas de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 23. Factores de emisión de CO_2

Tipo de combustible	Dióxido de carbono ($KgCO_2/TJ$)
Gasolina para motores	69,300
Gas/Diesel Oil	74,100
Gas licuado de petróleo	63,100

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, p. 3.16, cuadro 3.2.1

Tabla 24. Factores de emisión de CH_4 y N_2O

Tipo de combustible	Metano ($KgCH_4/TJ$)	Óxido Nitroso (KgN_2O/TJ)
Gasolina para motores – sin controlar	33.00	3.20
Gas / Diesel Oil	3.90	3.90
Gas licuado de petróleo	62	0.20
Etanol, camionetas Estados Unidos	260.00	41.00
Etanol, automóviles, Brasil	18.00	-
Biocombustible	3.00	0.60

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, p. 3.16, cuadro 3.2.1

Para utilizar los factores de emisión señalados anteriormente y según cada fuente de emisión de GEI se ha tenido que usar factores de conversión de manera que se llevan las unidades originales a las requeridas según cada factor de emisión. Los factores de conversión que se han requerido son los siguientes:

Tabla 25. Valor Calórico Neto de los combustibles

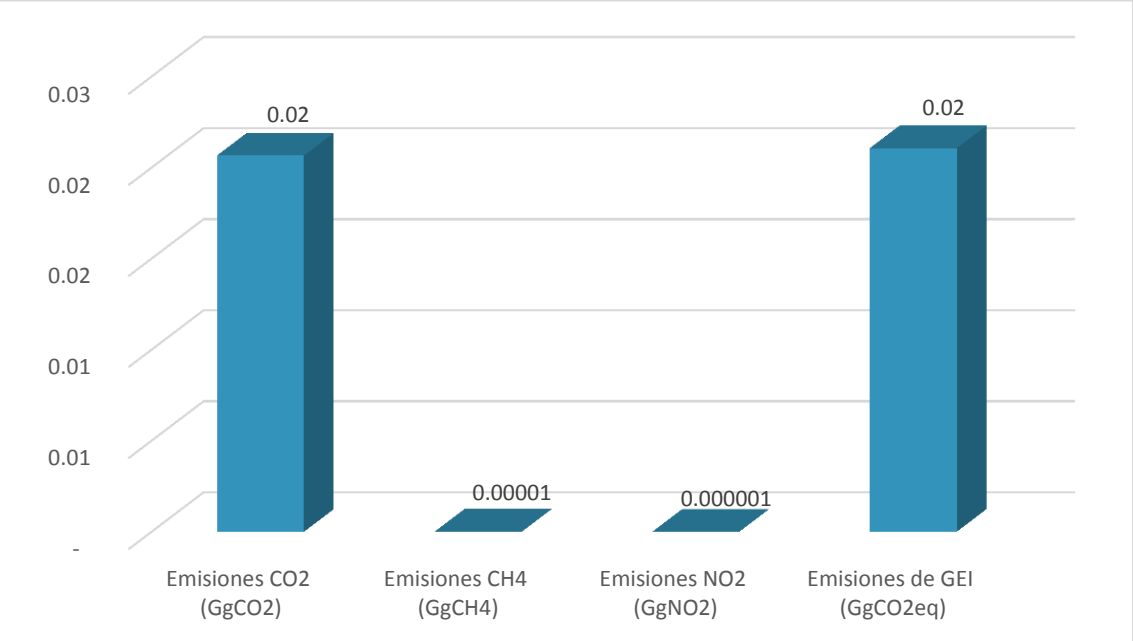
Tipo de combustible	VCN	Unidad	Fuente
Gasolina	1.24E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Diésel	1.36E-04	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Gas licuado de petróleo	9.96E-05	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Etanol	8.07E-05	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Biocombustible	8.07E-05	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de datos de las Directrices del IPCC de 2006

Fuente: Elaboración propia.

6.3.4. Análisis de resultados

Para el año 2016, las emisiones generadas por otros tipos de transporte (todo terreno) fueron de 0.02 $GgCO_2$, 0.00001 $GgCH_4$ y 0.000001 GgN_2O que equivalen a 0.02 $GgCO_2eq$, representando el 0.01% de las emisiones del sector.

Figura 27. Emisiones de GEI generados por otro tipo de transporte, año 2016



Fuente: Elaboración propia

7. RESULTADOS DEL SECTOR AGRICULTURA

El sector agricultura incluye las emisiones y remociones de GEI asociadas a diversas actividades agropecuarias, divididas en dos grandes categorías: Ganado (3A) y Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO_2 de la Tierra (3C).

La siguiente tabla muestra las categorías y subcategorías del sector agricultura y los tipos de gases estimados.

Tabla 26. Gases estimados en el sector agricultura

Código	Descripción	Categorías IPCC	GEI estimados
3	**Sector**	**Agricultura**	
3A	**Categoría**	**Ganado**	
3A1	Subcategoría	Fermentación entérica	CH_4
3A2	Subcategoría	Manejo del estiércol	CH_4, N_2O
3C	**Categoría**	**Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra**	
3C1	Subcategoría	Emisiones por quema de biomasa	CH_4, N_2O
3C2	Subcategoría	Encalado	CO_2
3C3	Subcategoría	Aplicación de urea	CO_2
3C4	Subcategoría	Emisiones directas de N_2O de los suelos gestionados	N_2O
3C5	Subcategoría	Emisiones indirectas de N_2O de los suelos gestionados	N_2O
3C6	Subcategoría	Emisiones indirectas de N_2O por manejo del estiércol	N_2O
3C7	Subcategoría	Cultivo de arroz	CH_4

Fuente: Elaboración propia

7.1. Análisis del resultado sectorial.

Las emisiones del sector agricultura para el año 2016 ascienden a 2,061.58 $GgCO_2eq$, que representan el 52.39% de las emisiones totales de Cajamarca. En la siguiente tabla se presenta los resultados de las emisiones de GEI del sector Agricultura.

Tabla 27. Resultados de emisiones de GEI del sector Agricultura

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones CO_2 ($GgCO_2$)	Emisiones CH_4 ($GgCO_2eq$)	Emisiones de N_2O ($GgCO_2eq$)	Emisiones totales de GEI ($GgCO_2eq$)
3	**Agricultura**	**24.70**	**1,264.87**	**772.01**	**2,061.58**
3.A	**Ganado**		**1,175.48**	**25.63**	**1,201.11**
3.A.1	**Fermentación entérica**		**1,154.12**		**1,154.12**
3.A.1.a	Ganado vacuno		1,056.61		1,056.61
3.A.1.a.i	Vacas lecheras		350.17		350.17
3.A.1.a.ii	Otro ganado vacuno		706.45		706.45
3.A.1.c	Ovino		48.89		48.89
3.A.1.d	Caprino		10.10		10.10
3.A.1.e	Llama y alpaca		0.19		0.19
3.A.1.f	Caballos		18.77		18.77
3.A.1.g	Mulas y asnos		17.19		17.19
3.A.1.h	Porcinos		1.74		1.74
3.A.1.j	Otros: cuyes		0.62		48.89
3.A.2	**Manejo de estiércol**		**21.36**	**25.63**	**46.99**
3.A.2.a	Ganado vacuno		13.81	23.22	37.03

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones CO_2 ($GgCO_2$)	Emisiones CH_4 ($GgCO_2eq$)	Emisiones de N_2O ($GgCO_2eq$)	Emisiones totales de GEI ($GgCO_2eq$)
3.A.2.a.i	Ganado vacuno lechero		3.36	14.90	18.25
3.A.2.a.ii	Otro ganado vacuno		10.45	8.32	18.77
3.A.2.c	Ovino		1.47	-	1.47
3.A.2.d	Caprino		0.34	-	0.34
3.A.2.e	Llama y alpaca		0.01	0.02	0.03
3.A.1.f	Caballos		1.71	-	1.71
3.A.1.g	Mulas y asnos		1.55	-	1.55
3.A.1.h	Porcinos		1.74	2.23	3.96
3.A.1.i	Aves		0.12	0.16	0.28
3.A.1.j	Otros: cuyes		0.62	-	0.62
3C	**Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO_2 de la tierra**	**24.70**	**89.40**	**746.38**	**860.47**
3.C.1	**Emisiones por quema de biomasa**		**30.38**	**36.64**	**67.02**
3.C.1.b	Quema de biomasa en tierras de cultivo		4.46	1.71	6.16
3.C.1.c	Quema de biomasa en pastizales		25.92	34.93	60.85
3.C.3.	**Aplicación de urea**	**24.70**			**24.70**
3.C.4.	**Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados**			**530.71**	**530.71**
3.C.5.	**Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados**			**169.14**	**169.14**
3.C.6.	**Emisiones indirectas de N_2O por manejo del estiércol**			**9.89**	**9.89**
3.C.7.	**Cultivo de arroz**		**59.02**		**59.02**

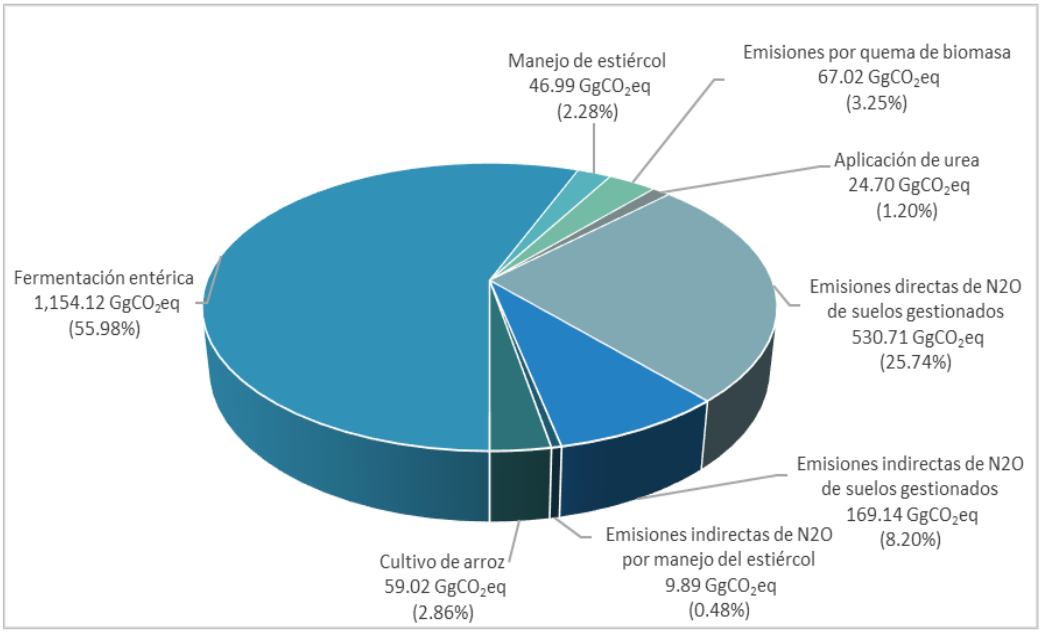
Fuente: Elaboración propia

La principal fuente de emisión es la subcategoría fermentación entérica, con 1,154.12 $GgCO_2eq$, representando el 55.98% de las emisiones del sector, seguida por la subcategoría emisiones directas de N_2O de suelos gestionados con 530.71 $GgCO_2eq$ y por la subcategoría Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionado con 169.14 $GgCO_2eq$ representando el 25.74% y 8.20% de las emisiones totales del sector, respectivamente. Cabe destacar que entre estas tres subcategorías se concentra el 89.93% de las emisiones del sector Agricultura.

Por otro lado, las subcategorías emisiones por quema de biomasa (3.25%), cultivo de arroz (2.86%), manejo de estiércol (2.28%), aplicación de urea (1.20%) y emisiones indirectas de N_2O por manejo del estiércol (0.48%) representan el 10.07% restante.

En la siguiente figura, se muestra la distribución de las emisiones de GEI por subcategorías.

Figura 28. Distribución de emisiones por categorías de GEI del sector Agricultura, 2016



Fuente: Elaboración propia

7.2. Ganado

Esta categoría abarca las emisiones de CH_4 por la fermentación entérica generada durante la digestión del ganado, que constituye la subcategoría Fermentación Entérica (3A1), y las emisiones de CH_4 y N_2O por el Manejo del Estiércol (3A2).

7.2.1. Fermentación entérica

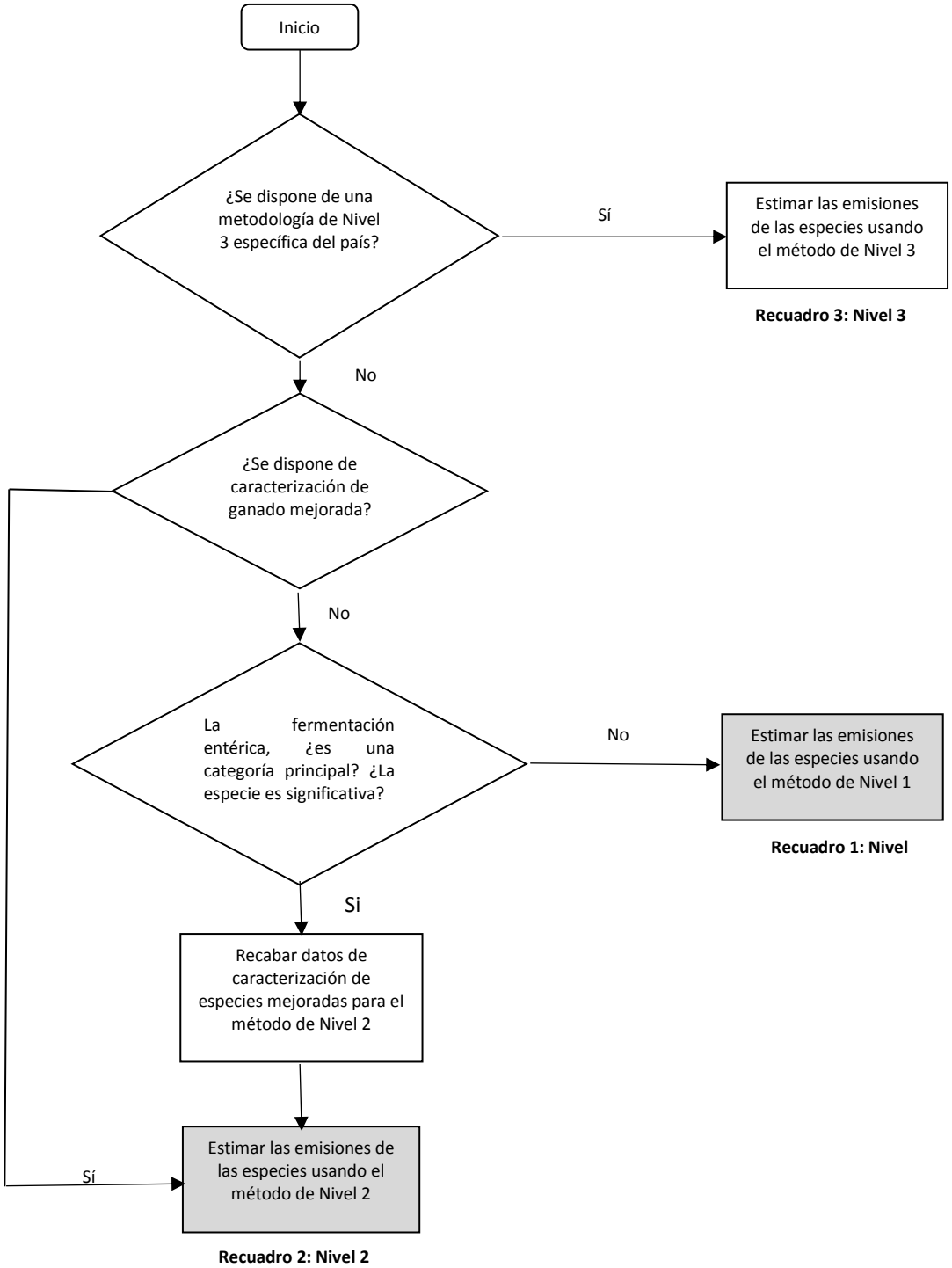
7.2.1.1. Método de cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones aplicando un método simplificado que se basa en factores de emisión por defecto obtenidos de la bibliografía.
- Nivel 2: Estima las emisiones aplicando un método más complejo que requiere datos detallados y específicos del país, referido a ingesta de energía bruta y a factores de conversión en metano para categorías específicas de ganado.
- Nivel 3: Estima las emisiones aplicando un método que podría implicar el desarrollo de modelos sofisticados en los que se considere la composición de la dieta en detalle, la concentración de productos resultado de la fermentación en los rumiantes, las variaciones estacionales de la población animal o de la calidad y disponibilidad de alimentos, y las posibles estrategias de mitigación.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, el cual facilita la elección del nivel de cálculo para estimar las emisiones de metano (CH_4), que se producen en los herbívoros como subproducto de la fermentación entérica.

Figura 29. Árbol de decisiones para las emisiones de CH_4, resultantes de la fermentación entérica



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Pág. 10.27

Para el análisis del árbol de decisiones se consideró lo siguiente:

- Para el ganado vacuno, se dispone de una caracterización de ganado mejorada y factores de emisión específicos del país.
- Para las otras especies de ganado, no se dispone de información para realizar una caracterización de ganado mejorada.

Por lo anterior, para el ganado vacuno se calcularon las emisiones de metano utilizando el método de cálculo Nivel 2; mientras que, para las otras especies de ganado se aplica el método de cálculo Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

7.2.1.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la subcategoría.

Tabla 28. Datos de actividad utilizados en la subcategoría para Fermentación Entérica

Categoría			Fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3			Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3A		Ganado					
		3A1	Fermentación entérica (3A1)	Población media anual de animales vivos	Población anual de animales vivos por departamento, especies de ave, alpaca, llama, caprino, ovino, porcino y vacuno	Cabezas (cabeza)	MIDAGRI (s/f). Serie de Estadísticas de Producción Ganadera y Avícola (SEPGA). Recuperado de: http://sitiodea.com/siscipa/index.html	Estimación de emisiones de fermentación entérica y manejo de estiércol por tipo de ganado.
					Población anual de vacas en ordeño por departamento			
					Población anual de animales vivos por departamento, especies de caballos, asnos/mulas y cuyes		MINAGRI (s/f). Propuesta de cálculo para la población de equinos y burros, burras, mulas y cuyes y la superficie de pastos naturales. Orden de Servicio N° 2016- 1187.	
					Periodo de vida de especies de ganado que viven menos de 1 año	Meses (mes)	MIDAGRI (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura, año 2016.	Estimación de la población promedio anual de las especies de porcino, ave y cuyes, cuyo periodo de vida es menor a 1 año.
				Población de ganado vacuno por subcategoría	Representatividad de población de vacunos por categoría sexo, edad, sector	Porcentaje (%)	INEI (s/f). IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Recuperado de: http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#	Desagregación de los datos de actividad del ganado vacuno por sexo, edad y uso, para realizar estimaciones de Nivel 2.

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla, presenta la población anual de animales vivos de Cajamarca, para el año 2016.

Tabla 29. Población de animales vivos, año 2016

Especie	N° Cabezas
Vacuno	657,561.00
Ave	899,857.00
Caprino	96,193.00
Ovino	465,641.00
Porcino	287,457.00
Caballos	49,645.87
Asnos/mulas	81,874.13
Alpaca	1,150.00
Cuyes	2,820,931.81

Fuente: MIDAGRI 2020

El ganado vacuno se subdivide a su vez en las clases "vacuno lechero" y "otro ganado vacuno". Por un lado, la población de ganado vacuno lechero, representado por las vacas en ordeño, proviene de las estadísticas agrarias, mientras que la población de otro ganado vacuno, se calcula como la diferencia entre el número total de cabezas de ganado vacuno y las cabezas de ganado vacuno lechero.

Tabla 30. Población de ganado vacuno desagregado en vacuno lechero y otro ganado vacuno, año 2016

Tipo de ganado vacuno	N° Cabezas
Vacuno lechero	159,826.00
Otro ganado vacuno	497,735.00

Fuente: MIDAGRI 2020

Dado que, de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006 el dato de actividad requerido es la población media anual de animales vivos, por lo que se empleó información sobre el periodo de vida de las especies cuyo ciclo de producción es menor a un año para ajustar los datos de población anual de animales vivos.

Tabla 31. Periodo de vida de especies de ganado que viven menos de 1 año

Especie	Meses Vivo	Días Vivo
Porcino	3.5	105
Pollos	-	42
Pavos de granja	5	150
Cuyes	3	90

Fuente: MIDAGRI 2020

La siguiente tabla presenta la población media de animales vivos por especie, durante el año 2016:

Tabla 32. Población media anual de animales vivos por especie, año 2016

Especie	N° Cabezas
Vacuno	657,561.00
- Vacuno lechero	159,826.00
- Otro ganado vacuno	497,735.00
Ovino	465,641.00
Caprino	96,193.00
Caballos	49,645.87
Asnos/Mulas	81,874.13

Especie	N° Cabezas
Porcino	82,693.11
Alpaca	1,150.00
Llama	-
Ave	281,788.29
Cuyes	695,572.23

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la población del ganado vacuno fue desagregada de acuerdo a las subcategorías de la caracterización del ganado de Nivel 2. Esto se logró mediante la aplicación de un porcentaje de representatividad basado en la información desagregada por raza y tipo de ganado vacuno, que presenta el CENAGRO para el año 2012. La siguiente tabla presenta una caracterización mejorada de la población del ganado vacuno de Cajamarca.

Tabla 33. Caracterización mejorada de la población media anual del ganado vacuno, año 2016

Caracterización mejorada de vacunos		Representatividad [%]	Población anual [cabezas/año]
Vacunos lecheros	Vacas Lecheras en Producción	24.31%	159,826.00
Otros vacunos	Vacas adultas para producción de carne	12.96%	85,242.00
	Toros y bueyes	18.54%	121,916.00
	Vaquilla lechera joven de reemplazo	3.20%	21,023.00
	Vaquilla joven de reemplazo para carne	9.17%	60,278.00
	Machos jóvenes en crecimiento	6.18%	40,611.00
	Ternero/a previo al destete	25.65%	168,665.00

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.3. Factores de emisión y conversión

La estimación de las emisiones de metano por la fermentación entérica del ganado se realiza haciendo uso de un factor de emisión para cada especie. Este factor de emisión puede ser tomado de las Directrices del IPCC del 2006 (factor de emisión por defecto), o puede ser construido con información nacional.

En el caso del ganado vacuno (vacuno lechero y otro ganado vacuno), se cuenta con factores de emisión de fermentación entérica específicos para el país, elaborados a partir de parámetros construidos mediante la opinión de expertos consultados durante la elaboración del RAGEI Agricultura 2016 (MIDAGRI 2020). El contar con factores de emisión nacionales ha permitido calcular las emisiones de metano por la fermentación entérica del ganado vacuno con un Nivel metodológico 2. La siguiente tabla presenta los factores de emisión nacionales para cada clase desagregada de ganado vacuno.

Tabla 34. Factores de emisión de metano de la fermentación entérica por clase de ganado vacuno

Clase	Factores de emisión para vacunos	Unidad	Observación
Vacas adultas lecheras en producción	104.33	Kilogramos de metano por cabeza por año (kg CH_4/ cabeza/ año)	Valores nacionales estimados para cálculos de Nivel 2.
Vacas adultas para producción de carne	79.91		
Toros y bueyes	95.96		
Vaquillas lecheras jóvenes de reemplazo	76.69		
Vaquillas jóvenes de reemplazo para carne	87.08		
Machos jóvenes en crecimiento	88.68		
Ternero/a previo al destete	27.67		

Fuente: MIDAGRI (2020)

En el caso las demás especies de ganado, se utilizaron factores de emisión por defecto, cuyos valores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 35. Factores de emisión de metano de la fermentación entérica de otras especies de ganado

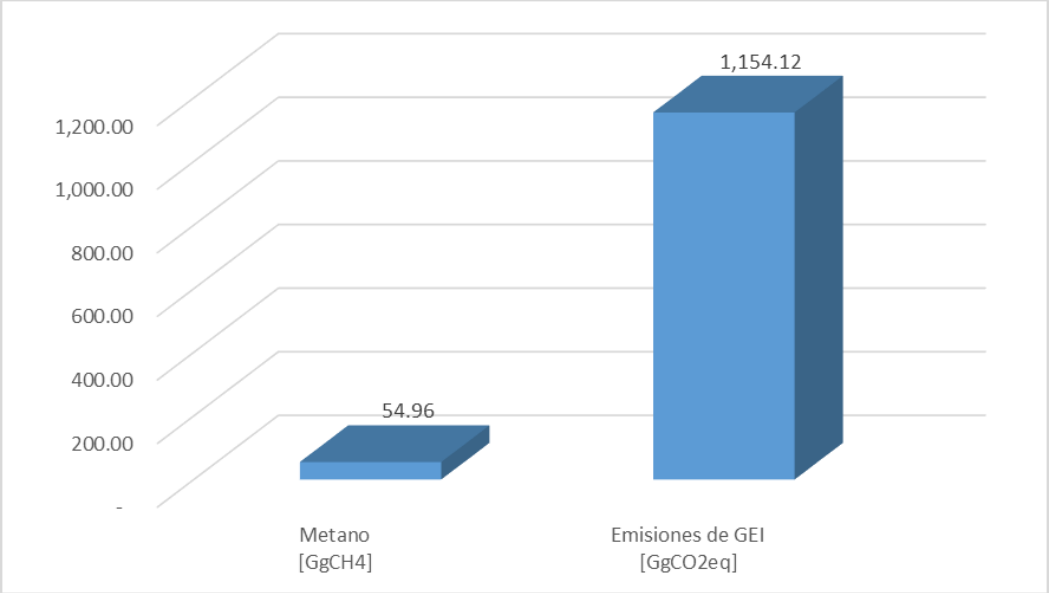
Especie	Factor de emisión	Unidad	Fuente de información	Observación
Ovinos	5.00	Kilogramos de metano por cabeza por año ($kgCH_4$/ cabeza/ año)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capitulo 10, Cuadro 10.10	Valores por defecto para cálculos de Nivel 1.
Caprinos	5.00			
Caballos	18.00			
Asnos/Mulas	10.00			
Porcinos	1.00			
Alpacas	8.00			
Llamas	8.00		Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019, Volumen 4, Capitulo 10, Cuadro 10.10	
Cuyes	0.043		MIDAGRI (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura, año 2016.	Valor estimado según fórmula de "Factor de emisión aproximado" de las Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, Cap. 10, pág. 10.25.

Fuente: Elaboración propia. Varias fuentes

7.2.1.4. Análisis de resultados

Para el año 2016, las emisiones de metano generadas por la fermentación entérica fueron de 54.96 $GgCH_4$ que equivalen a 1,154.12 $GgCO_2eq$, representando el 55.98% de las emisiones del sector.

Figura 30. Emisiones de GEI generados por la fermentación entérica, año 2016



Fuente: Elaboración propia

7.2.2. Manejo del estiércol

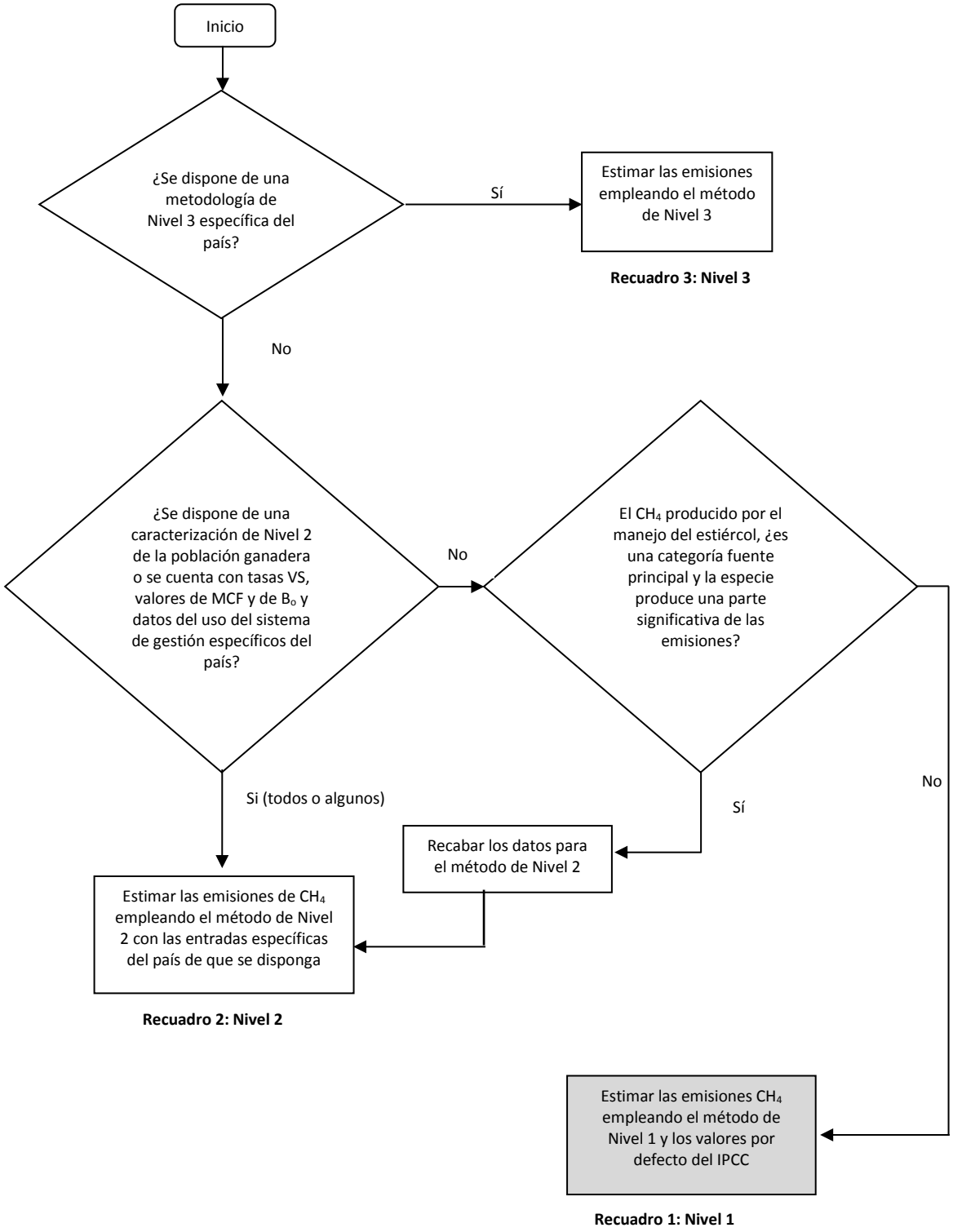
7.2.2.1. Método de cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones aplicando un método simplificado que sólo requiere los datos de la población de ganado por especie/categoría animal y del clima de la región o la temperatura, en combinación con los factores de emisión por defecto del IPCC.
- Nivel 2: Estima las emisiones aplicando un método más complejo que requiere información detallada, sobre las características de los animales y las prácticas de gestión del estiércol, la que se emplea para desarrollar factores de emisión específicos para las condiciones del país.
- Nivel 3: Estima las emisiones aplicando un método, que podría implicar el desarrollo de modelos para metodologías específicas del país o emplear métodos basados en mediciones para cuantificar los factores de emisión.

La siguiente figura presenta el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones de metano (CH_4) procedentes del manejo del estiércol.

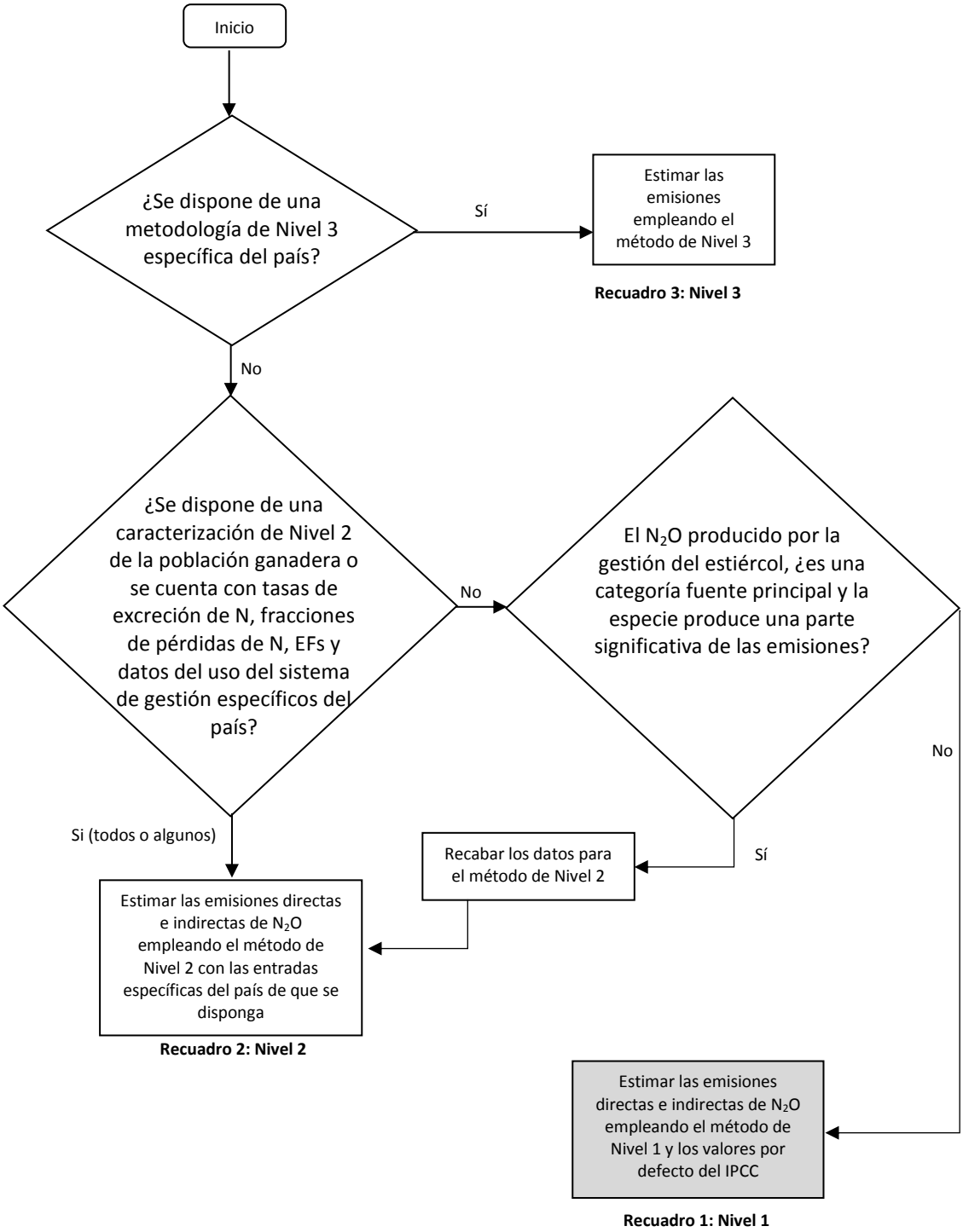
Figura 31. Árbol de decisión para emisiones de CH_4 resultantes de la gestión del estiércol



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4. Capítulo 10. Pág, 10.39

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones de óxido nitroso procedentes del manejo del estiércol.

Figura 32. Árbol de decisiones para emisiones de N_2O resultantes de la gestión del estiércol.



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Pág. 10.59

Para el análisis de los árboles de decisiones se consideró lo siguiente:

- No se dispone de factores de emisión específicos del país.
- No es una categoría principal.

Por lo anterior, para estimar las emisiones directas de CH_4 y N_2O del manejo de estiércol del ganado se aplicó el método del Nivel 1.

7.2.2.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la subcategoría.

Tabla 36. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Manejo de Estiércol

Categoría			Fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3			Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3A		Ganado					
		3A2	Manejo de estiércol (3A2)	Población media anual de animales vivos	Población anual de animales vivos por departamento, especies de ave, alpaca, Llama, caprino, ovino, porcino y vacuno	Cabezas (cabeza)	MIDAGRI (s/f). Serie de Estadísticas de Producción Ganadera y Avícola (SEPGA). Recuperado de: http://sitiodea.com/siscipa/index.html	Estimación de emisiones de fermentación entérica y manejo de estiércol por tipo de ganado.
					Población anual de vacas en ordeño por departamento			
					Población anual de animales vivos por departamento, especies de caballos, asnos/mulas y cuyes		MINAGRI (s/f). Propuesta de cálculo para la población de equinos y burros, burras, mulas y cuyes y la superficie de pastos naturales. Orden de Servicio N° 2016-1187.	
					Periodo de vida de especies de ganado que viven menos de 1 año	Meses (mes)	MIDAGRI (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura, año 2016.	Estimación de la población promedio anual de las especies de porcino, ave y cuyes, cuyo periodo de vida es menor a 1 año.
				Temperatura anual promedio por departamento	Temperatura promedio anual de Cajamarca	Temperatura (°C)	INEI (2017). Perú, Anuario de Estadísticas Ambientales 2017. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1469/index.html	Determinación de un único factor de emisión de metano por tipo de ganado.
				Sistemas de manejo de estiércol del ganado	Sistemas de manejo de estiércol del ganado por especie	Sin dimensión	MIDAGRI (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura, año 2016.	Estimación del nitrógeno total excretado por cada sistema de manejo de estiércol. La información proviene de la opinión de expertos recabada para el RAGEI Agricultura 2016.

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla presenta la población media de animales vivos durante el año 2016.

Tabla 37. Población media anual de animales vivos por especie, año 2016

Especie	N° Cabezas
Vacuno	657,561.00
- Vacuno lechero	159,826.00
- Otro ganado vacuno	497,735.00
Ovino	465,641.00
Caprino	96,193.00
Caballos	49,645.87
Asnos/Mulas	81,874.13
Porcino	82,693.11
Alpaca	1,150.00
Llama	-
Ave	281,788.29
Cuyes	695,572.23

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al valor de la temperatura promedio anual, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) informa que para Cajamarca es 15.60 °C.

Por último, en la siguiente tabla se presentan los tipos de gestión del estiércol que ocurren en el país por cada especie de ganado. Esta información fue determinada por expertos del sector para el RAGEI Agricultura 2016 (MIDAGRI 2020). Se debe notar que la identificación de los sistemas de manejo del estiércol es general para el nivel nacional, por lo que esta información está sujeta a mejoras, a fin de representar mejor al departamento.

Tabla 38. Distribución porcentual de los sistemas de manejo del estiércol existente para cada tipo de ganado

Especie	Tipo de gestión del estiércol						
	Praderas y pastizales	Distribución diaria	Almacenaje de sólidos	Quema como combustible	Parcelas secas	Estiércol de aves de corral con cama	Estiércol de aves de corral sin cama
Vacuno lechero	79%	0%	21%	0%	0%	0%	0%
Otro ganado vacuno	91%	0%	9%	0%	0%	0%	0%
Ovino	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Caprino	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Caballos	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Asnos/Mulas	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Porcino	67%	0%	33%	0%	0%	0%	0%
Alpaca	68%	0%	11%	21%	0%	0%	0%
Llama	68%	0%	11%	21%	0%	0%	0%
Ave	0%	0%	0%	0%	0%	90%	10%
Cuyes	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%

Fuente: MIDAGRI 2020

7.2.2.3. Factores de emisión y conversión

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión usados para estimar las emisiones CH_4 y N_2O por el manejo del estiércol.

Tabla 39. Factores de emisión para emisiones de metano provenientes del manejo del estiércol

Categoría	Factores de emisión	Unidad	Fuente de información	Observación
Vacuno lechero	1.00	Kilogramo de metano por cabeza por año (kg CH_4/ cabeza/ año)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4. Capítulo 10, Cuadros 10.14 - 10.16.	Valores por defecto para la región climática "Fría" (>15°C). Los valores para alpacas y llamas fueron estimados según la fórmula de la página 10.25.
Vacuno no lechero	1.00			
Ovinos	0.10			
Caprinos	0.11			
Caballos	1.09			
Asnos/Mulas	0.60			
Porcinos	1.00			
Alpacas	0.17		Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 10, Página 10.25.	
Llamas	0.28			
Aves	0.01		Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4. Capítulo 10, Cuadros 10.14 - 10.16.	
Cuyes	0.04		Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 10, Página 10.25.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40. Factores de emisión para emisiones directas de óxido nitroso del manejo del estiércol

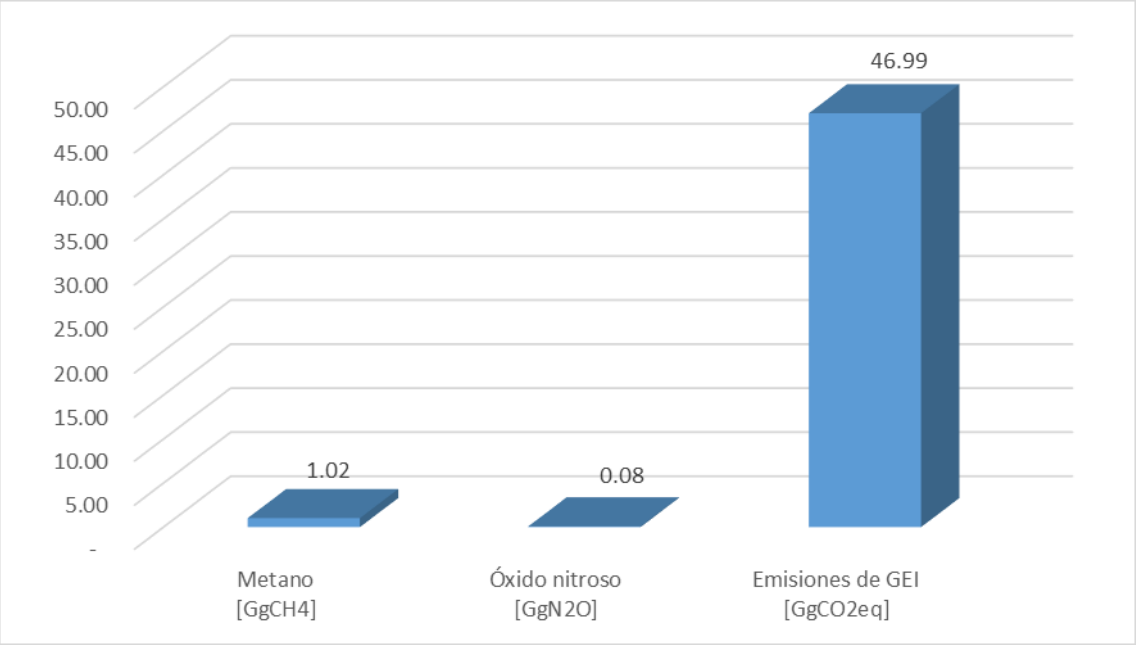
Sistema de manejo de estiércol	Factor de emisión	Unidad	Observación
Praderas y pastizales	-	Kilogramo de óxido nitroso por kilogramo de nitrógeno excretado (kg de N_2O-N/kg de Nex)	Las emisiones directas e indirectas de N_2O relacionadas con el estiércol depositado en suelos agrícolas y en sistemas de pasturas, prados y praderas se tratan en las subcategorías 3C4 y 3C5.
Distribución diaria	0.000		Valor por defecto.
Almacenaje de sólidos	0.010		Valor por defecto.
Quema como combustible	-		Estimadas en otra parte del inventario: Si el estiércol se quema como combustible, en "Quema de combustible" en el sector Energía; si no hay recuperación de energía, en «Incineración de desechos» del sector Desechos.
Parcelas secas	0.020		Valor por defecto.
Estiércol de aves de corral con cama	0.001		Valor por defecto.
Estiércol de aves de corral sin cama	0.001		Valor por defecto.

Fuente: Directrices del IPCC del 2006 revisadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.21

7.2.2.4. Análisis de resultados

Las emisiones de metano y óxido nitroso por el manejo de estiércol son iguales a 1.02 $GgCH_4$ y 0.08 GgN_2O que equivalen a 46.99 $GgCO_2eq$, representando el 2.28% de las emisiones del sector.

Figura 33. Emisiones de GEI generados por el manejo de estiércol, año 2016



Fuente: Elaboración propia

7.3. Fuentes Agregadas y Fuentes de Emisión no-CO_2 de la Tierra

Esta es una categoría amplia que abarca las emisiones por Quema de Biomasa (3C1), Aplicación de Urea (3C3), Emisiones Directas de N_2O de Suelos Gestionados (3C4), Emisiones Indirectas de N_2O de Suelos Gestionados (3C5), Emisiones Indirectas de N_2O por Manejo del Estiércol (3C6), y Cultivo de Arroz (3C7).

7.3.1. Quema de biomasa

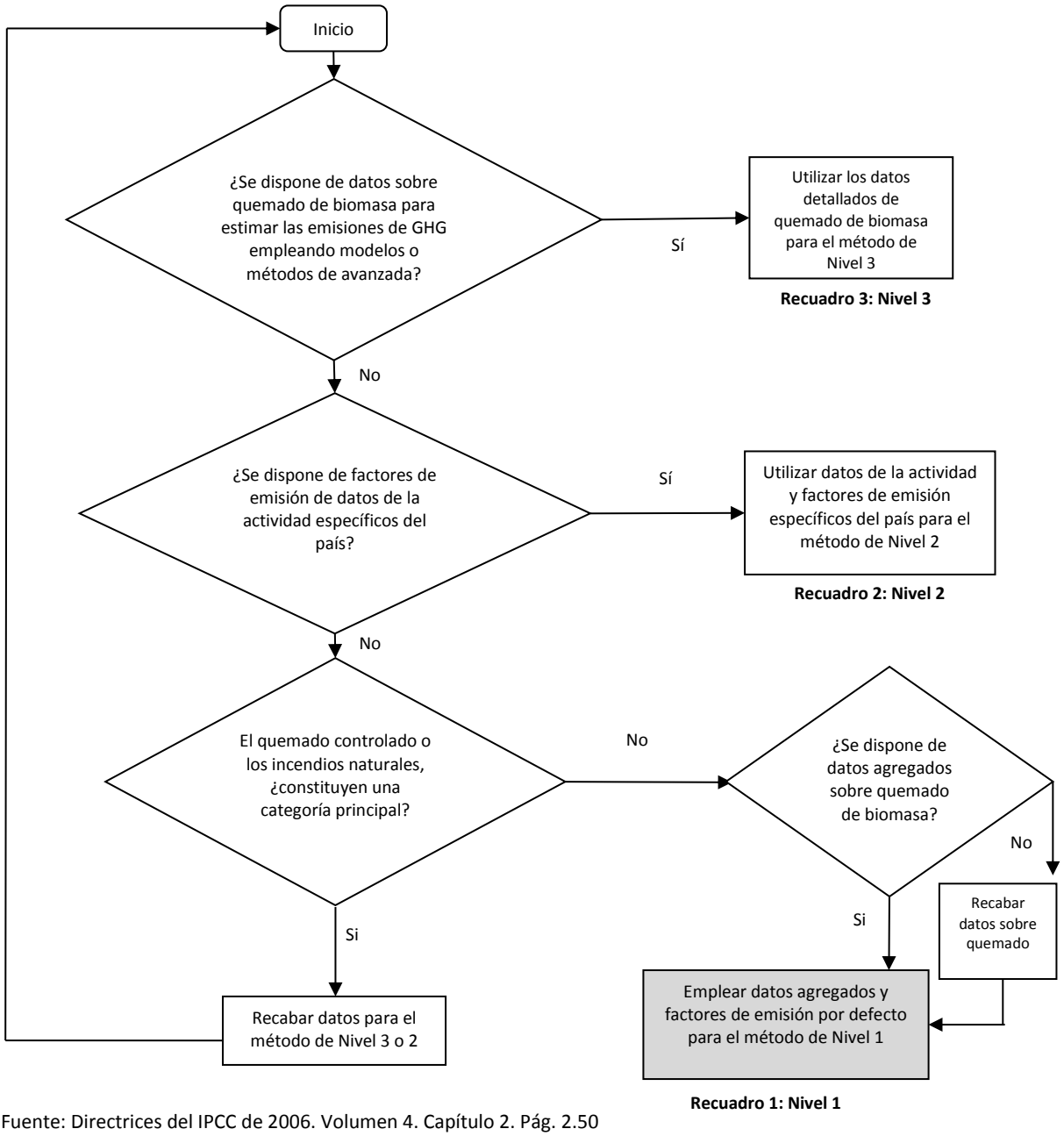
7.3.1.1. Método de cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para estimar las emisiones por la quema de biomasa en Tierras de cultivo y Pastizales (3C1b y 3C1c respectivamente), cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Normalmente, los datos de la actividad están muy agregados y los factores de combustión y de emisión son los valores por defecto.
- Nivel 2: Las estimaciones se desarrollan para los principales tipos de cultivos por zonas climáticas, empleando tasas de acumulación de residuos y estimaciones de combustión y emisión específicas del país.
- Nivel 3: Es un método muy específico que incluye la modelización de los procesos y/o las mediciones detalladas.

La siguiente figura presenta el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 para estimar las emisiones de metano y óxido nitroso procedentes de la quema de biomasa en Tierras de cultivo y pastizales.

Figura 34. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por incendios en una categoría de uso de la tierra



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 2. Pág. 2.50

Para el análisis del árbol de decisiones se consideró lo siguiente:

- No se dispone de datos suficientes para estimar emisiones empleando modelos o métodos avanzados.
- No se dispone de datos o factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones de CH_4 y N_2O por la quema de biomasa en tierras de cultivo y pastizales se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

7.3.1.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la subcategoría

Tabla 41. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Emisiones por Quema de Biomasa

Categoría			Fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3			Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3C		Fuentes Agregadas y Fuentes de Emisión no-CO_2 de la Tierra					
		3C1	Quema de biomasa en Tierras de Cultivo	Área quemada anual de cultivos	Superficie Anual de cultivos que se queman	Hectáreas (ha)	MIDAGRI (s/f). Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA). Recuperado de: http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/	Se determinó que los cultivos que se queman son: caña de azúcar, arroz, algodón, uva y mango.
					Porcentaje del área total de cada cultivo donde se quema biomasa	Porcentaje (%)	MIDAGRI (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura, año 2016. Sin publicar.	Con el porcentaje se estima la superficie quemada de los cultivos antes mencionados.
			Quema de biomasa en Pastizales	Área quemada anual de pastizales.	Superficies de pastizales que permanecen como tales	Hectáreas (ha)	MINAM. Matrices de uso y cambio de uso en biomas Amazonia, Costa y Sierra, para siete regiones – Sector UTCUTS. Producto de consultoría.	El área quemada de pastizales se calcula multiplicando el porcentaje de quema con la superficie de permanencia anual. Esta proviene de las matrices regionales de uso y cambio de uso de la tierra preparadas para el sector UTCUTS. El porcentaje de quema proviene de la opinión de expertos colectado para el RAGEI Agricultura 2016. No se determinaron porcentajes para las superficies convertidas en pastizales.
					Porcentaje de quema de pastizales que permanecen como tales	Porcentaje (%)	MIDAGRI (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura año 2016.	

Fuente: Elaboración propia

La identificación y determinación de porcentajes de quema de la superficie anual cosechada de aquellos cultivos en los cuales se practica la quema de biomasa, se realizó a partir de la consulta a especialistas de la Dirección General Agrícola del MIDAGRI. Asimismo, en el caso de la caña de azúcar, el porcentaje de quema se estableció a través de consulta a un experto. Ambos procesos se realizaron como parte de la elaboración del RAGEI de Agricultura del año 2016 (MIDAGRI 2020). La siguiente tabla presenta las variables utilizadas para la estimar la superficie quemada de cultivos.

Tabla 42. Variables para estimar la superficie quemada de cultivos, año 2016

Cultivo	Superficie anual cosechada (ha)	Porcentaje de quema (%)	Superficie quemada (ha)
Caña (para azúcar, alcohol y etanol)	8,299.00	95%	**7,884.05**
Arroz cáscara	24,886.00	20%	**4,977.20**
Algodón		40%	**-**
Uva	141.00	5%	**7.05**
Mango	48.50	5%	**2.43**

Fuente: MIDAGRI 2020

Por otro lado, el porcentaje de quema de pastos fue establecido por consulta a expertos durante la elaboración del RAGEI Agricultura 2016, mientras que la superficie de pastizales que permanecen como tales ha sido construida para el sector UTCUTS. Estas variables permiten estimar la superficie de pastos quemados, tal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 43. Variables para estimar la superficie de pastos quemados, año 2016

Bioma	Pastizales que permanecen como tales (ha)	Porcentaje de quema (%)	Superficie quemada de pastizales (ha)
Amazonía	308,712.21	20%	**62,977.29**
Sierra	915,507.36	20%	**186,763.50**
Costa	28,382.94	20%	**5,790.12**
Total	1,252,602.51		**255,530.91**

Fuente: Elaboración propia

Se debe notar que la opinión de expertos no abarca a las tierras convertidas en pastizales.

7.3.1.3. Factores de emisión y conversión

Los factores de emisión empleados para esta subcategoría, se muestran a continuación.

Tabla 44. Masa de combustible disponible para combustión

Tipo de vegetación	Subcategoría	Masa combustible	Unidad	Observación
Todos los pastizales de la sabana (quemas tempranas de la estación seca)		2.10	Toneladas de materia seca por hectárea (t m.s/ha)	Valores por defecto.
Residuos agrícolas (quema de campo post-cosecha)	Residuos de trigo	4.00		
	Residuos de maíz	10.00		
	Residuos de arroz	5.50		
	Caña de azúcar	6.50		
	Otros cultivos	$MB = AGR_{(T)} \times Frac_{Brunt(T)}$		Con esta ecuación se estima el valor de masa combustible para los *otros cultivos*.

Fuente: Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 2, Cuadro 2.4; Directrices del IPCC del 2006 revisadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 2, Cuadro 2.4

Como se indica en la tabla anterior, para los otros cultivos identificados por MIDAGRI como cultivos donde se quema biomasa, como el algodón, la uva y el mango, se debe estimar la masa combustible disponible. Esta estimación requiere la información presentada en la siguiente tabla.

Tabla 45. Variables para estimar la masa de combustible disponible para combustión de los otros cultivos

Variables	Cultivo			Unidad	Fuente	Observación
	Algodón	Uva	Mango			
Producción	-	-	1,875.9	Toneladas (t)	MIDAGRI (s/f). Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA). Recuperado de: http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/	Estas variables son empleadas en las subcategorías 3C4 y 3C5.
Superficie	-	-	249.00	Hectáreas (ha)		
Porcentaje de residuos que quedan en el campo	25.00	25.00	25.00	Porcentaje (%)	FAO. Manual de usuario. Residuos agrícolas y residuos ganaderos. Recuperado de: http://www.fao.org/3/a-bp843s.pdf	El porcentaje es igual para todos los cultivos.
Fracción de materia seca del cultivo cosechado	0.94	0.94	0.94	Kilogramos de materia seca por kilogramo de peso fresco (Kg m.s/Kg peso fresco)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capitulo 11, Cuadro 11.2.	Valores por defecto para "otros" cultivos.
Porcentaje de quema	40.00	5.00	5.00	Porcentaje (%)	MIDAGRI (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura, año 2016.	Valores determinados por opinión de expertos de MIDAGRI.
Masa de combustible disponible para combustión	-	-	0.09	Toneladas por hectárea (t/ha)	-	Valores calculados de acuerdo a la ecuación de MB.

Fuente: MIDAGRI 2020

Tabla 46. Factores de emisión por gas de efecto invernadero generado en la combustión

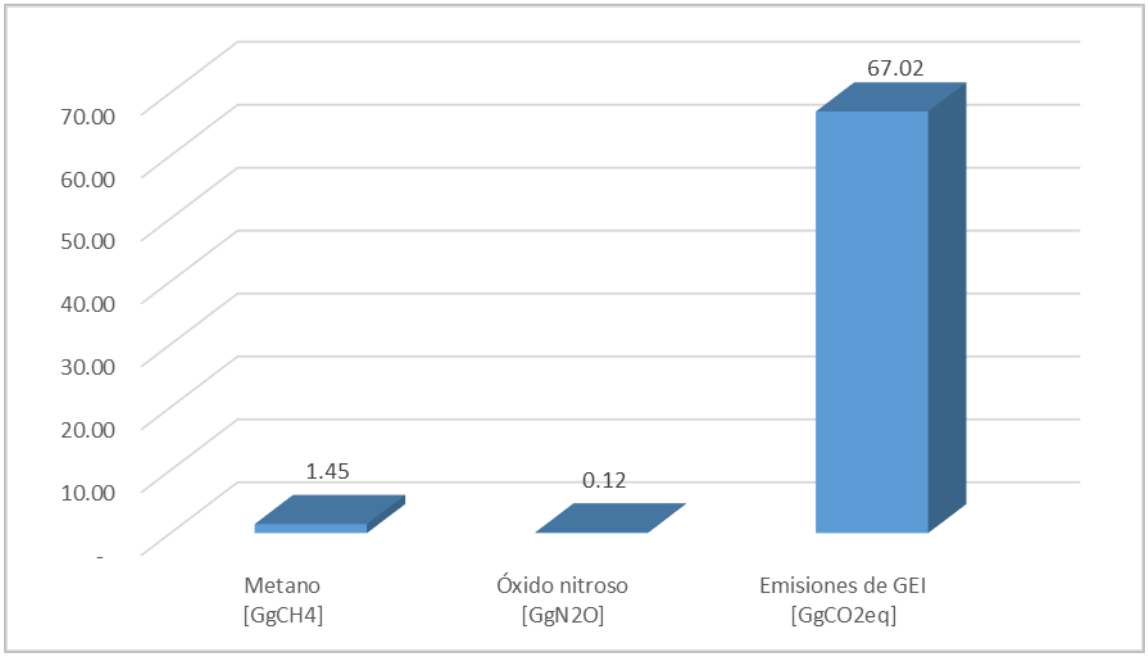
GEI	Residuos de agricultura	Sabana y pastizales	Unidad
CH_4	2.70	2.30	Gramos del GEI por kg de materia seca quemada (g GEI/ Kg m.s. quemada)
CO	92.00	65.00	
N_2O	0.07	0.21	
NO_X	2.50	3.90	

Fuente: Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 2, Cuadro 2.5

7.3.1.4. Análisis de resultados

Las emisiones de metano y óxido nitroso por la quema de biomasa en tierras de cultivo y pastizales fueron de 1.45 $GgCH_4$ y 0.12 GgN_2O que equivalen a 67.02 $GgCO_2eq$, representando el 3.25 % de las emisiones del sector.

Figura 35. Emisiones de GEI generados por la quema de biomasa de cultivos y pastizales, año 2016



Fuente: Elaboración propia

7.3.2. Aplicación de urea

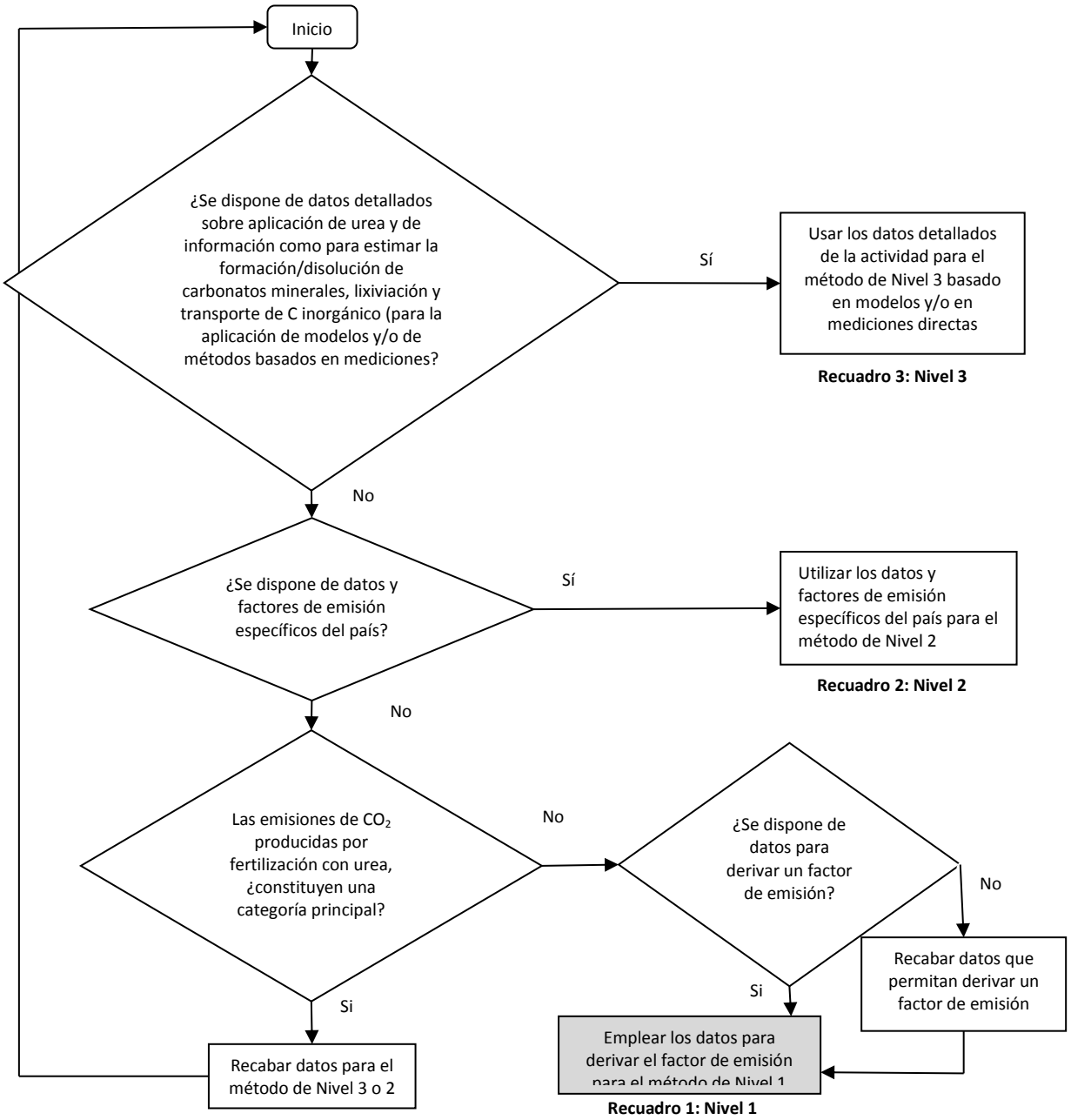
7.3.2.1. Método de cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones aplicando un método simplificado que sólo requiere los datos de la cantidad total de urea aplicada anualmente en el suelo del país con un factor de emisión por defecto del IPCC.
- Nivel 2: Estima las emisiones aplicando la ecuación del Nivel 1 e incorpora información específica del país para estimar los factores de emisión.
- Nivel 3: Estima las emisiones aplicando modelos o mediciones basados en información sobre aplicación de urea y de información para estimar la formación/disolución de carbonatos minerales, lixiviación y transporte de C inorgánico.

La siguiente figura presenta el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 para estimar las emisiones de CO_2 provenientes por la aplicación de urea.

Figura 36. Árbol de decisión para la identificación del nivel apropiado para la estimación de las emisiones de CO_2 fertilización con urea



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Pág. 11.35

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- No se dispone de factores de emisión país específico para estimar emisiones de CO_2 por aplicación de urea.

Por lo anterior, para estimar las estimaciones de las emisiones de CO_2 de esta subcategoría, se aplicó el método del nivel 1.

7.3.2.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la subcategoría.

Tabla 47. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Aplicación de Urea

Categoría			Fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3			Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3C		Fuentes Agregadas y Fuentes de Emisión No-CO_2 de la Tierra					
		3C3	Aplicación de urea	Cantidad anual de aplicación de urea	Cantidad anual de importaciones de Urea	Toneladas (t)	MIDAGRI (s/f). Anuarios Estadísticos de Insumos y Servicios Agropecuarios. Recuperado de: http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuario-estadistico-de-insumos-y-servicios-agrarios	Estimación de emisiones de CO_2 por la aplicación de urea. Con las superficies cultivadas se encuentra una proporción que luego es multiplicada por la cantidad total de urea importada, para obtener una cantidad por departamento.
					Superficie Anual de principales cultivos por departamento	Hectáreas (ha)	MIDAGRI (s/f.) Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA).	
					Superficie Anual de principales cultivos a nivel nacional			

Fuente: Elaboración propia

A nivel nacional, la cantidad anual de urea aplicada se conoce a través de un dato aproximado (*proxy),* referido a la cantidad de urea importada por el país en un año dado. Sin embargo, para la estimación a nivel de departamento, fue necesario desagregar este valor nacional en un valor por departamento. Esta desagregación se realizó a partir de variables como las sumatorias de superficies cosechadas de los principales cultivos, a nivel nacional y por departamento, con las cuales se estimó una proporción que luego fue aplicada para obtener el valor de urea por departamento a partir de la cantidad de urea importada a nivel nacional.

Tabla 48. Variables para estimar la cantidad de urea aplicada por departamento

Variables	Cantidades
Cantidad de urea importada a nivel nacional (t)	358,008.42
Superficie de principales cultivos a nivel nacional (ha)	3,046,554.02
Superficie de principales cultivos a nivel departamental (ha)	286,596.00
Cantidad de urea aplicada a nivel del departamento (t)	**33,678.64**

Fuente: Elaboración propia

7.3.2.3. Factores de emisión y conversión.

En la estimación de emisiones por aplicación de urea solo interviene un único factor de emisión, el cual es multiplicado por la cantidad de urea aplicada por departamento.

Tabla 49. Factor de emisión para la estimación de emisiones por aplicación de urea

Tipo de fertilizante	Factor de emisión	Unidad
Urea	0.20	Toneladas de carbono por tonelada de insumo (t C/ t urea)

Fuente: Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 11, Pág. 11.36

7.3.2.4. Análisis de resultados

Las emisiones de aplicación de urea ascienden a 24.70 $GgCO_2eq$, representando el 1.20 % de las emisiones del sector.

7.3.3. Emisiones directas de N_2O de los suelos gestionados.

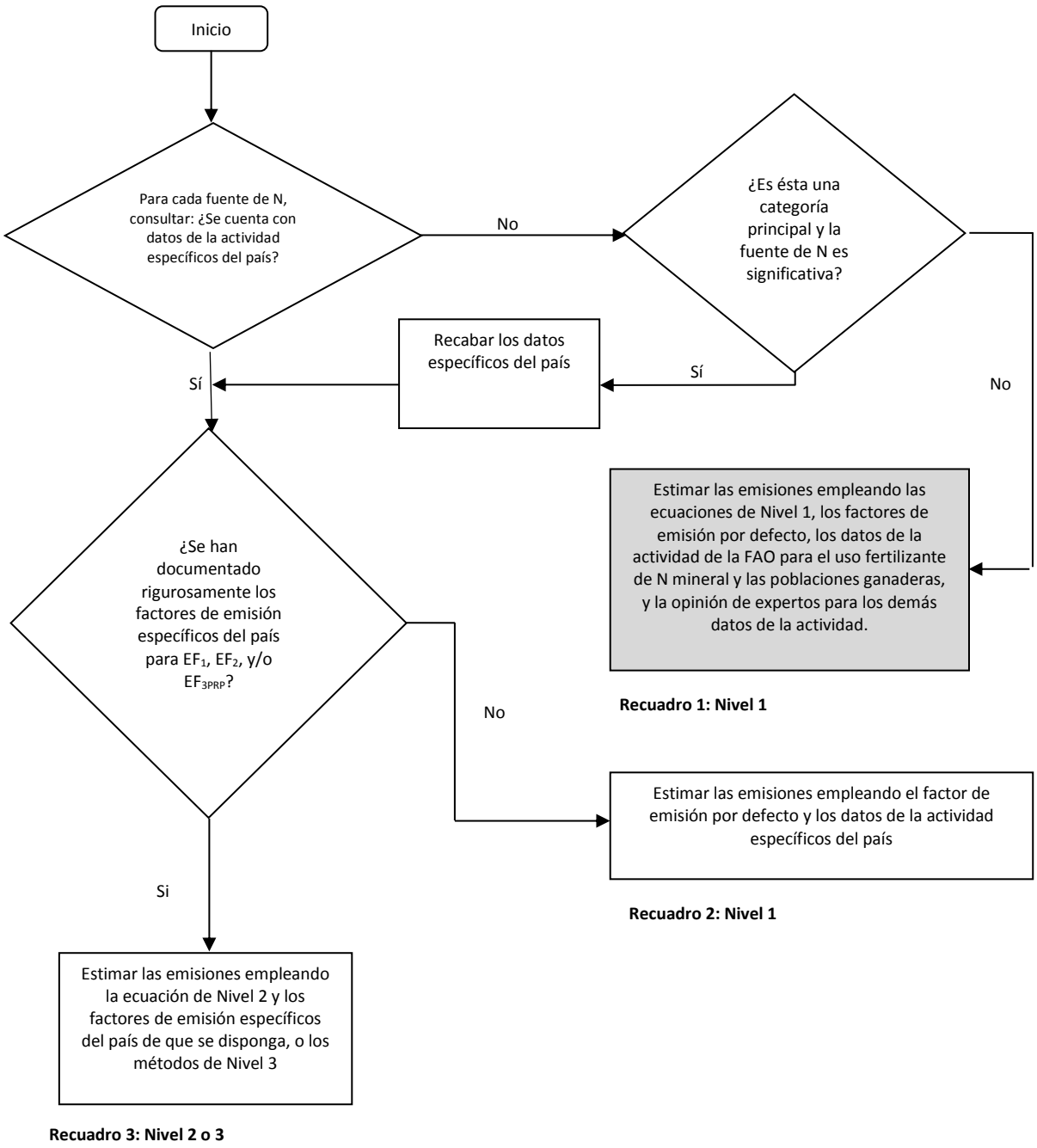
7.3.3.1. Método de cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos de actividad: i) específicos del país o ii) de la FAO sobre el uso de fertilizantes de N mineral y las poblaciones ganaderas, y la opinión de expertos para los demás datos de actividad. El factor de emisión por defecto se utiliza en ambos casos.
- Nivel 2: Estima las emisiones empleando factores de emisión específicos del país y datos de actividad con mayor detalle.
- Nivel 3: Estima las emisiones aplicando modelos o mediciones.

La siguiente figura presenta el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 para estimar las emisiones de N_2O procedentes de la gestión de los suelos.

Figura 37. Árbol de decisiones para emisiones directas de N_2O de suelos gestionados



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Pág. 11.9

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- No se cuenta con datos de actividad y factores de emisión específico del país

Por lo anterior, para estimar las emisiones directas de N_2O procedentes de suelos gestionados, se aplicó el método del nivel 1.

7.3.3.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la subcategoría.

Tabla 50. Datos de actividad para la subcategoría Emisiones Directas de N_2O provenientes de Suelos Gestionados (3C4)

Clasificación			Fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3			Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3C		Fuentes Agregadas y Fuentes de Emisión No-CO_2 de la Tierra					
		3C4	Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados	Cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizantes sintético	Cantidad anual de importaciones de principales fertilizantes nitrogenados	Toneladas (t)	MIDAGRI (s/f). Anuarios Estadísticos de Insumos y Servicios Agropecuarios. Recuperado de: http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuario-estadistico-de-insumos-y-servicios-agrarios	Como en el caso de la cantidad de urea, se estima la cantidad de todos los fertilizantes nitrogenados en base a la cantidad importada desagregada en función de la proporción entre la superficie cosechada a nivel del departamento y la nacional. Con el resultado se estima las emisiones de óxido nitroso por el aporte de nitrógeno a los suelos desde los fertilizantes aplicados.
					Superficie anual de principales cultivos a nivel nacional	Hectáreas (ha)	MIDAGRI (s/f). Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA). Recuperado de: http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/	
					Superficie anual de principales cultivos por departamento			
					Cantidad de nitrógeno aplicado en fertilizantes al cultivo de arroz	Kilogramos de nitrógeno por hectárea por año (Kg N/ ha/ año)	MIDAGRI (2021). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura, año 2016.	Los compiladores del RAGEI Agricultura 2016 obtuvieron por consulta a expertos la cantidad de nitrógeno que normalmente se aplica al cultivo de arroz, en cada departamento. Con esta información se puede separar la cantidad de nitrógeno aplicado en el arroz de la cantidad total aplicada en todo el departamento.
					Superficie anual de arroz por departamento	Hectáreas (ha)	MIDAGRI (s/f). Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA). Recuperado de: http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/	
				Cantidad anual de N en residuos agrícolas	Superficie anual de principales cultivos por departamento	Hectáreas (ha)	MIDAGRI (s/f). Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA). Recuperado de: http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/	Estimación de las emisiones de óxido nitroso por el aporte de nitrógeno a los suelos desde los residuos agrícolas. La superficie de áreas quemadas es la misma que fue estimada para la subcategoría 3C1.
					Producción anual de principales cultivos por departamento	Toneladas (t)		
					Superficie anual quemada por cultivo	Hectáreas (ha)		

Clasificación			Fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
				Cantidad neta anual de N mineralizado en suelos minerales debido a la pérdida de carbono del suelo por cambios en el uso o la gestión de la tierra	Pérdida promedio anual de carbono del suelo por tipo de uso de la tierra	Toneladas (t)	MINAM (en proceso de elaboración). Inventario regional de gases de efecto invernadero año 2016 de Cajamarca – sector UTCUTS. Producto de consultoría.	Estimación de las emisiones de óxido nitroso a partir del nitrógeno mineralizado del suelo por el cambio de uso de la tierra. Esta información proviene de los resultados de emisiones de dióxido de carbono de los suelos minerales, del sector UTCUTS. Allí, se asumió equilibrio en el contenido de carbono del suelo para las tierras que permanecen en su misma categoría, al no tener información sobre la gestión de la tierra.
				Superficie de suelos orgánicos	NE	NE	NE	No se cuenta con información de suelos orgánicos y las actividades y/o gestión a las que están sometidos.
				Cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo & Cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos	Población Anual de animales vivos por departamento (caballos, asnos/mulas y cuyes)	Cabezas (cabeza)	MIDAGRI (s/f). Propuesta de cálculo para la población de equinos y burros, burras, mulas y cuyes y la superficie de pastos naturales. Orden de servicio N° 2016-1187.	Estimación de las emisiones de óxido nitroso por el aporte de nitrógeno a los suelos desde: - La orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, - El estiércol gestionado disponible aplicado a los suelos (como abonos orgánicos). Los datos de actividad son los mismos usados en las subcategorías 3A1 y 3A2.
					Población Anual de animales vivos por departamento (vacuno, ovino, porcino, auquénido, ave, caprino)		MIDAGRI (s/f). Serie de Estadísticas de Producción Ganadera y Avícola (SEPGA). Recuperado de: http://sitiodea.com/siscipa/index.html	
					Población Anual de vacas en ordeño por departamento			
					Sistemas de Manejo de Estiércol del ganado por especie	Sin dimensión	MIDAGRI (2021). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura, año 2016.	

Fuente: MIDAGRI, 2020

En las siguientes tablas se muestran los valores específicos de los datos de actividad descritos anteriormente.

Como en el caso de la urea, la cantidad de fertilizante a nivel de departamento se estima de manera proporcional a la relación entre la superficie de principales cultivos a nivel nacional y por departamento.

Tabla 51. Variables para estimar la cantidad aplicada de fertilizantes nitrogenados por departamento

Variables	Urea	Fosfato diamónico	Sulfato de amonio	Nitrato de amonio
Cantidad importada de fertilizante a nivel nacional (t)	358,008.42	189,004.29	227,205.05	119,554.43
Superficie de principales cultivos a nivel nacional (ha)	3,046,554.02			
Superficie de principales cultivos por departamento (ha)	286,596.00			
Cantidad aplicada de fertilizante por departamento (t)	33,678.64	17,780.05	21,373.68	11,246.75

Fuente: Elaboración propia

Fue necesario desagregar las cantidades de nitrógeno aplicada en el arroz, el cual cuenta con factores de emisión específicos. Este dato se obtuvo a partir de consulta de expertos, realizada como parte de la elaboración del RAGEI de Agricultura del año 2016 (MIDAGRI 2020).

Tabla 52. Variables para estimar la cantidad aplicada de nitrógeno en el cultivo de arroz

Departamento	Superficie cultivada arroz (ha/año)	Cantidad de N aplicada (Kg N/ha/año)	Nitrógeno total aplicado (Kg N/año)
Cajamarca	24,886.00	150.00	3,732,900.00

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la lista de principales cultivos considerados en el departamento es igual a la que se utiliza en las estimaciones de nivel nacional, y fue establecida por MIDAGRI en el RAGEI del año 2016. En la siguiente tabla, se presenta la producción y superficie cosechada de los principales cultivos de Cajamarca, el año 2016.

Tabla 53. Superficie cosechada, producción y superficie quemada de los principales cultivos, año 2016

Cultivo	Superficie cultivada [ha]	Producción anual [t]	Superficie quemada (ha)
Arroz cáscara	24,886.00	195,641.00	4,977.20
Caña	8,299.00	192,327.31	7,884.05
Alfalfa	2,212.00	170,418.00	-
Arveja gr. Verde	16,752.00	14,347.00	-
Arveja grano seco	10,895.00	18,649.00	-
Banana / plátano	5,489.00	39,061.00	-
Cacao	1,231.00	1,001.00	-
Café pergamino	53,038.00	48,182.00	-
Camote	1,184.00	7,514.00	-
Cebada grano	10,478.00	9,785.00	-
Cebolla de cabeza	160.00	1,732.00	-
Frijol grano seco	17,214.00	15,651.00	-
Haba grano seco	4,156.00	3,753.00	-
Haba grano verde	1,466.00	2,922.00	-
Maíz a. duro	18,507.00	61,636.00	-
Maíz amiláceo	37,673.00	28,384.00	-
Maíz choclo	9,112.00	23,162.00	-

Cultivo	Superficie cultivada [ha]	Producción anual [t]	Superficie quemada (ha)
Papa	26,162.00	310,251.00	-
Piña	362.00	3,686.00	-
Quinua	878.00	751.00	-
Soya	4.00	11.00	-
Tarwi	464.00	420.00	-
Tomate	137.00	943.00	-
Trigo	28,344.00	27,697.00	-
Yuca	7,493.00	63,179.00	-

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla presenta la pérdida anual de carbono del suelo por categoría de uso de la tierra, el cual es estimado como parte de los cálculos realizados en el sector UTCUTS.

Tabla 54. Pérdida promedio anual de carbono del suelo por categoría de uso de la tierra, año 2016

Categorías de uso de la tierra	Carbono perdido del suelo (t C/año)
Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales	-
Tierras convertidas a Tierras Forestales	-
Tierras de Cultivo que permanecen como Tierras de Cultivo	-
Tierras que se convierten a Tierras de Cultivo	1,287.37
Pastizales que permanecen como pastizales	-
Tierras que se convierten a Pastizales	-
Asentamientos	317.27
Otras Tierras	-

Fuente: elaboración propia

Con respecto al ganado, la información de población media anual es tomada de la estimación realizada en las subcategorías 3A1 y 3A2, a partir de las fuentes citadas en la tabla resumen de datos de actividad. Asimismo, esta información se relaciona con las tipologías de los sistemas de manejo del estiércol, presentadas en la subcategoría 3A2.

7.3.3.3. Factores de emisión y conversión

Como se indica en las tablas de los datos de actividad, se requiere calcular la cantidad de nitrógeno aportado por cada fuente, la cual se multiplica por un factor de emisión apropiado para estimar las emisiones directas de N_2O.

Tabla 55. Factores de emisión para emisiones directas de N_2O procedentes de suelos gestionados

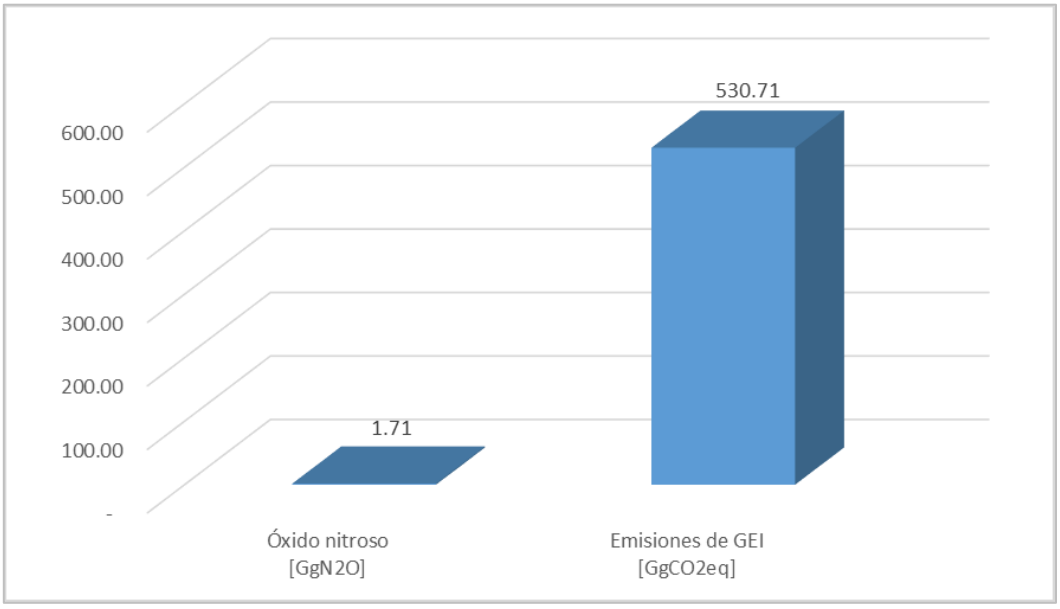
Factor de Emisión	Valor	Unidad
FE para aportes de N de fertilizantes (minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas) y N mineralizado de suelos minerales	0.010	Kilogramo de óxido nitroso por kilogramo de aporte de nitrógeno (kg N_2O–N /kg N)
FE para cantidad de N aplicado a los arrozales inundados	0.003	
FE para el N en la orina y estiércol depositado en los pastizales por el vacuno lechero y no lechero, búfalos, aves de corral y porcinos.	0.020	
FE para el N en la orina y estiércol depositado en los pastizales por otro tipo de ganado.	0.010	

Fuente: Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capitulo 11, Cuadro 11.1

7.3.3.4. Análisis de resultados

Las emisiones directas de N_2O por suelos gestionados ascienden a 1.71 GgN_2O, que equivalen a 530.71 $GgCO_2eq$, representando el 25.74% de las emisiones del sector.

Figura 38. Emisiones directas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados, año 2016



Fuente: Elaboración propia

7.3.4. Emisiones Indirectas de N_2O de suelos gestionados

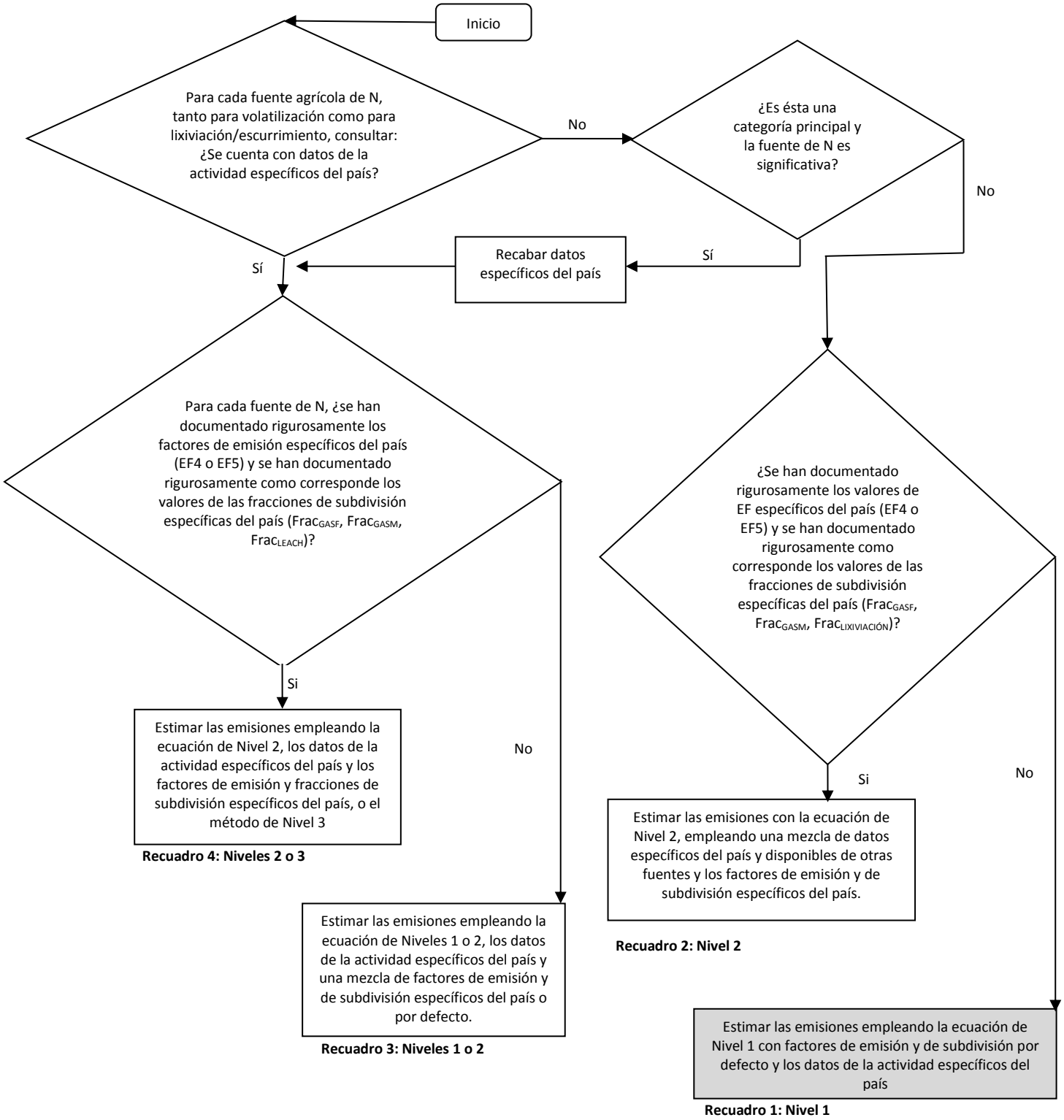
7.3.4.1. Método de cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos de actividad específicos del país y factores de emisión y de subdivisión por defecto, o una mezcla de factores de emisión y subdivisión específicos del país o por defecto.
- Nivel 2: Estima las emisiones empleando una mezcla de datos de actividad específicos del país y disponibles de otras fuentes de emisión y de subdivisión específicos del país.
- Nivel 3: Estima las emisiones aplicando modelos o mediciones.

La siguiente figura presenta el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 para estimar las emisiones indirectas de N_2O procedentes de la gestión de los suelos.

Figura 39. Árbol de decisiones para las emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Pág. 11.22

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- No se dispone de información suficiente para utilizar el método de nivel 2.

Por lo anterior, para estimar las emisiones de esta subcategoría se aplicó el método de nivel 1.

7.3.4.2. Datos de actividad

Los datos de actividad de esta subcategoría son los mismos que los descritos para la subcategoría emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados (3C4).

7.3.4.3. Factores de emisión

En la siguiente tabla se presentan los factores de emisión que permiten estimar las emisiones indirectas de N_2O de los suelos gestionados.

Tabla 56. Factores de emisión de las emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados

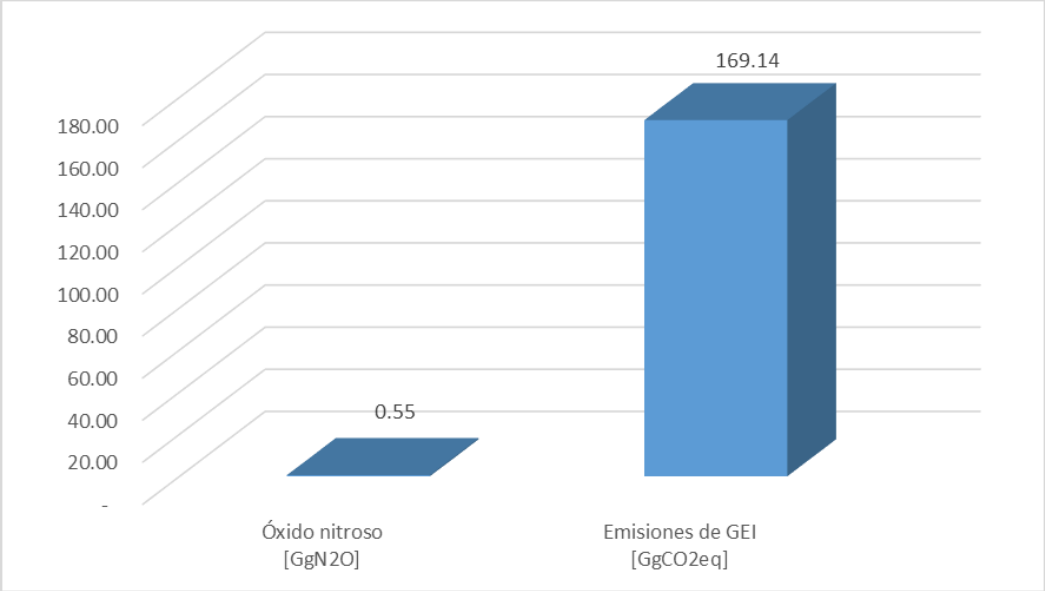
Factor de Emisión	Valor	Unidad
EF para las emisiones de N_2O resultantes de la deposición atmosférica de N en los suelos y superficies de agua	0.010	Kilogramos de óxido nitroso por kilogramo de amonio y óxidos de nitrógeno volatilizados [Kg N_2O–N/ (Kg NH_3–N + NOX–N volatilizado)]
EF para las emisiones de N_2O por lixiviación y escurrimiento de N	0.011	Kilogramos de óxido nitroso por kilogramo de nitrógeno lixiviado o escurrido (kg N_2O–N/ kg N lixiviado-escurrido)
Fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatilizan como NH_3 y NO_X	0.110	Kilogramos de nitrógeno volatilizado por kilogramo de nitrógeno aplicado [(Kg NH_3–N + NO_X–N)/ kg N aplicado)
Fracción de materiales fertilizantes de N orgánico y de N de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo que se volatiliza como NH_3 y NO_X	0.210	Kilogramos de nitrógeno volatilizado por kilogramo de nitrógeno aplicado [(kg NH_3–N + NO_X–N)/kg N aplicado o depositado]
Fracción de todo el N agregado a/mineralizado en suelos gestionados en regiones donde se produce lixiviación o escurrimiento	0.240	Kilogramos de nitrógeno por kilogramo de agregados de nitrógeno (Kg N/ Kg de agregados de N)

Fuente: Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 11, Cuadro 11.3; Directrices del IPCC del 2006 revisadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 11, Cuadro 11.3.

7.3.4.4. Análisis de resultados

Las emisiones indirectas de N_2O por suelos gestionados ascienden a 0.55 GgN_2O, que equivalen a 169.14 $GgCO_2eq$, representando el 8.20% de las emisiones de GEI del sector.

Figura 40. Emisiones indirectas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados, año 2016



Fuente: Elaboración propia

7.3.5. Emisiones Indirectas de N_2O por manejo de estiércol

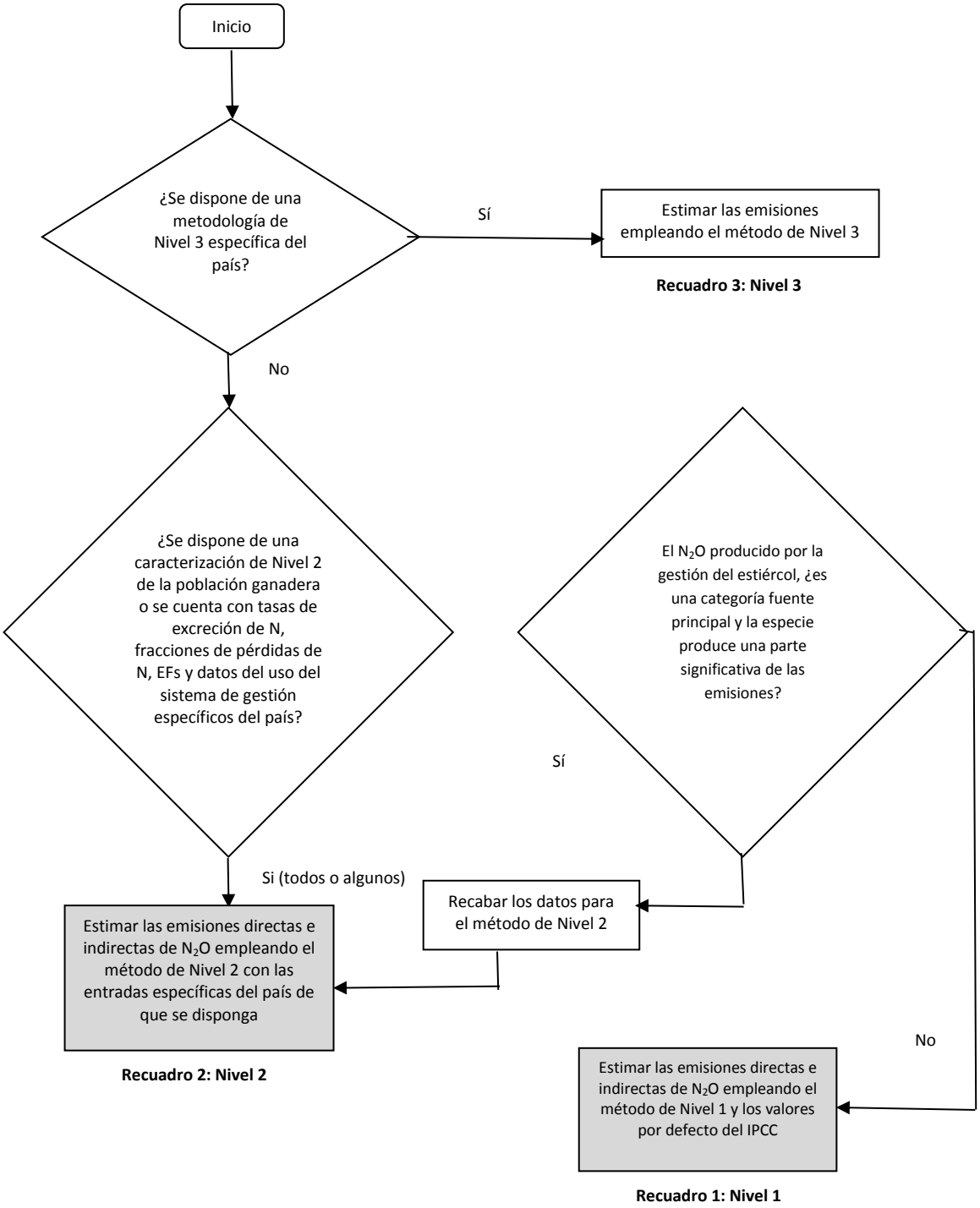
7.3.5.1. Método de cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando la cantidad total de excreción de N (de todas las especies/categorías de ganado) en cada tipo de sistema de gestión del estiércol y un factor de emisión para ese tipo de sistema de gestión del estiércol. Para este nivel, se aplica los factores de emisión de N_2O por defecto del IPCC, los datos de excreción de nitrógeno por defecto, y los datos de los sistemas de gestión del estiércol por defecto.
- Nivel 2: Estima las emisiones empleando datos específicos del país para algunas o todas estas variables indicadas en el nivel 1.
- Nivel 3: Estima las emisiones aplicando procedimientos de estimación alternativos basados en una metodología específica del país.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones indirectas de óxido nitroso procedentes de los sistemas de manejo del estiércol.

Figura 41. Árbol de decisión de emisiones de N_2O resultantes de la gestión del estiércol



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Pág. 10.59

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- No se dispone de datos específico del país.

Por lo anterior, para estimar las emisiones de GEI esta subcategoría, se aplicó el método del nivel 1.

A fin de mantener la consistencia con los datos y factores utilizados con la categoría 3A y esta subcategoría, se utiliza la misma caracterización de ganado aplicada a toda la categoría 3A, considerando un factor de emisión basado en la distribución del ganado en cada una de las regiones climáticas.

7.3.5.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la subcategoría. Al respecto, cabe mencionar que las variables población media anual del ganado y sistemas de manejo del estiércol son datos de actividad que han sido descrito en las subcategorías 3A1 y 3A2.

Tabla 57. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Emisiones Indirectas por Manejo de Estiércol

Categoría			Fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3			Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3C		Fuentes Agregadas y Fuentes No-CO_2 de la Tierra					
		3C6	Emisiones Indirectas por Manejo de Estiércol	Cantidad de N del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH_3 y NO_X	Población anual de animales vivos por departamento (caballos, asnos/mulas y cuyes)	Cabezas (cabeza)	MIDAGRI (s/f). Propuesta de cálculo para la población de equinos y burros, burras, mulas y cuyes y la superficie de pastos naturales. Orden de Servicio N° 2016- 1187.	Estimación de las emisiones indirectas de óxido nitroso a partir de la volatilización del nitrógeno del estiércol, por tipo de ganado y tipo de sistema de gestión del estiércol. La información proviene de la opinión de expertos recabada para el RAGEI Agricultura 2016. La información de base es la misma utilizada en las subcategorías 3A1, 3A2, 3C4 y 3C5. De hecho, en el cálculo de la subcategoría 3A1 se genera la información procesada para la presente subcategoría.
					Población anual de animales vivos por departamento (vacuno, ovino, porcino, auquénido, ave, caprino)		MIDAGRI (s/f). Serie de Estadísticas de Producción Ganadera y Avícola (SEPGA). Recuperado de: http://sitiodea.com/siscipa/index.html	
					Población anual de vacas en ordeño por departamento			
					Sistemas de Manejo de Estiércol del ganado por especie	Sin dimensión	MIDAGRI (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura, año 2016.	

Fuente: Elaboración propia

7.3.5.3. Factores de emisión y conversión

En esta subcategoría se recurre al resultado intermedio de la categoría 3A2, referente a la cantidad de nitrógeno excretado por cada Sistema de Manejo del Estiércol. Este parámetro, que se encuentra desagregado por tipo de ganado y sistema de manejo del estiércol, se multiplica por la fracción de nitrógeno que se volatiliza del estiércol gestionado. Esta última variable es presentada en la siguiente tabla.

Tabla 58. Porcentaje de pérdida de nitrógeno debido a la volatilización de NH_3 y NO_X de la gestión del estiércol

Ganado	Distribución diaria	Almacenaje de sólidos	Parcelas secas	Estiércol de aves de corral con cama	Estiércol de aves de corral sin cama
	%				
Vacuno lechero	7	30	-	-	-
Otro ganado vacuno	-	45	-	-	-
Ovino	-	12	-	-	-
Caprino	-	12	-	-	-
Caballos	-	12	-	-	-
Asnos/Mulas	-	12	-	-	-
Porcino	-	45	-	-	-
Alpaca	-	12	-	-	-
Llama	-	12	-	-	-
Ave	-	-	-	40	55
Cuyes	-	12	-	-	-

Fuente: Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capitulo 10, Cuadro 10.22

El resultado de la multiplicación anterior se combina con el factor de emisión de volatilización del nitrógeno, que también fue empleado en la subcategoría 3C4, para hallar las emisiones de óxido nitroso por volatilización.

Tabla 59. Factores de Emisión de las emisiones indirectas de N_2O del manejo de estiércol

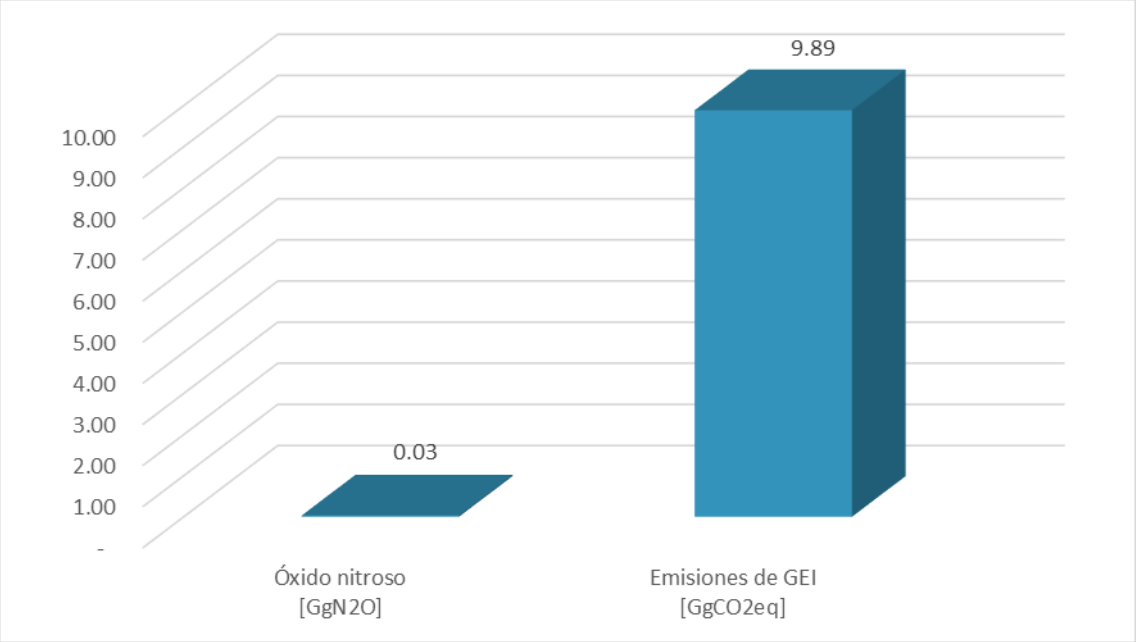
Factor de Emisión	Valor	Unidad
EF para las emisiones de N_2O resultantes de la deposición atmosférica de N en los suelos y superficies de agua	0.010	Kilogramos de óxido nitroso por kilogramo de amonio y óxidos de nitrógeno volatilizados [Kg N_2O–N/ (Kg NH_3–N + NOX–N volatilizado)]

Fuente: Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 11, Cuadro 11.3

7.3.5.4. Análisis de resultados

Las emisiones indirectas de N_2O del manejo de estiércol fueron de 0.03 GgN_2O que equivale a 9.89 $GgCO_2eq$, representando el 0.48% de las emisiones de GEI del sector.

Figura 42. Emisiones de GEI generados por emisiones indirectas de N_2O del manejo de estiércol, año 2016



Fuente: Elaboración propia

7.3.6. Cultivo de arroz

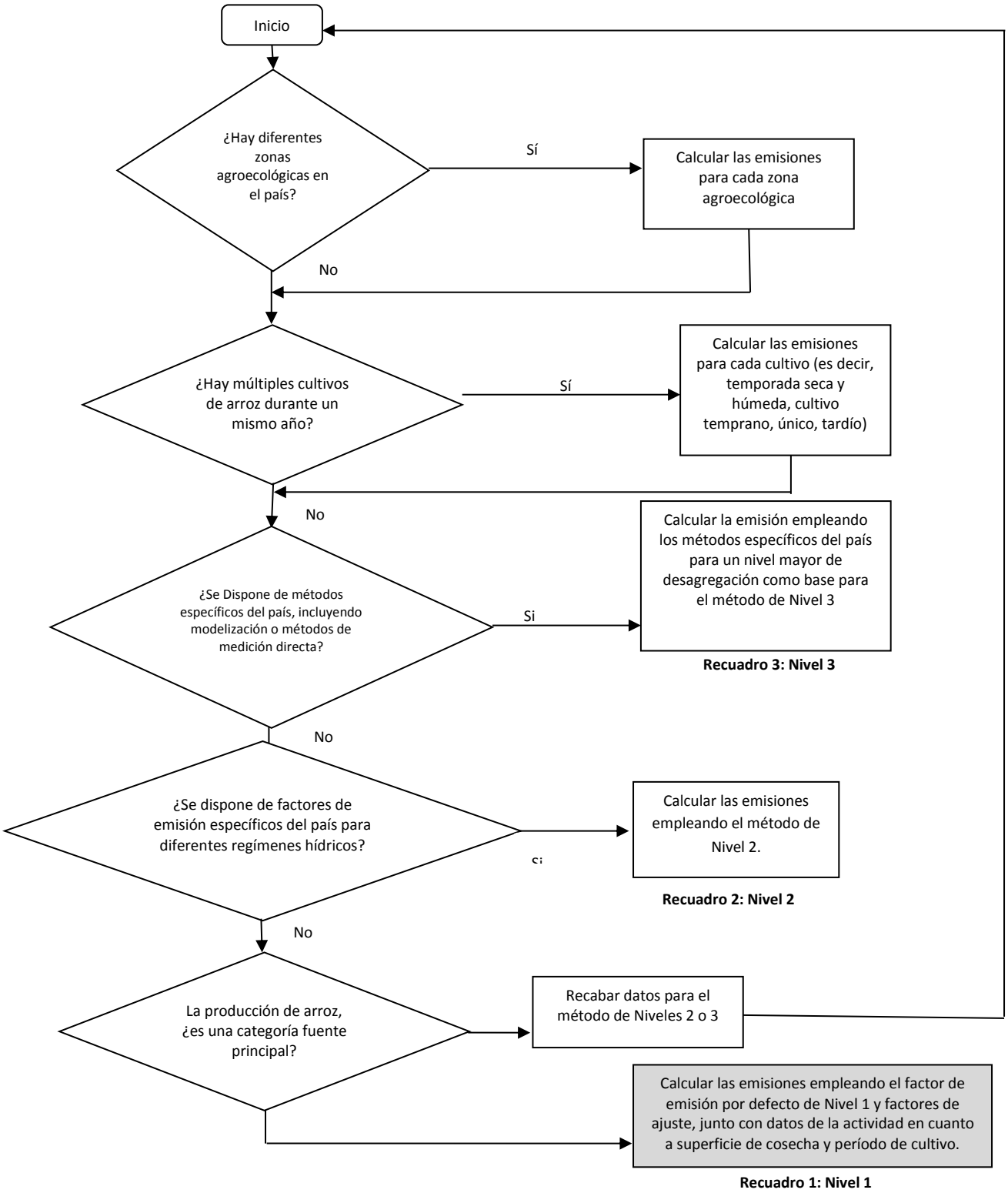
7.3.6.1. Método de cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando factores de emisión por defecto y factores de ajuste, junto con datos de la actividad en cuanto a superficie de cosecha y período de cultivo.
- Nivel 2: Estima las emisiones empleando datos de actividad indicados en el Nivel 1, pero con factores de emisión y/o ajustes específicos del país.
- Nivel 3: Estima las emisiones aplicando modelos y redes de monitorización hechas a medida para abordar las circunstancias nacionales del cultivo del arroz, que se repiten a través del tiempo, manejados con datos de la actividad de alta resolución y desagregados a nivel sub nacional.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones de metano procedentes de la descomposición anaeróbica de material orgánico en los arrozales inundados.

Figura 43. Árbol de decisión para las emisiones de CH_4 resultantes de la producción de arroz



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen4. Capítulo 5. Pág. 5.55

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- No se cuenta con información sobre el manejo de la producción de arroz, no se cuenta con factores de emisiones nacionales del cultivo de arroz, es decir no se cuenta con información suficiente para utilizar el método de nivel 2.

Por lo anterior, para estimar las emisiones de GEI de esta subcategoría, se aplicó el método del nivel 1.

7.3.6.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la subcategoría.

Tabla 60. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Cultivo de Arroz

Clasificación			Fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3			Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3C		Fuentes Agregadas y Fuentes de Emisión No-CO_2 de la Tierra					
		3C7	Cultivo de arroz	Superficie cosechada anual	Superficie cosechada anual por departamento	Hectáreas (ha)	MIDAGRI (s/f). Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA). Recuperado de: http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/	Estimación de las emisiones de metano por la descomposición de materia orgánica en medios anaerobios en los campos de arroz. La información sobre periodo de cultivo y tipos de régimen de agua fueron obtenidos por consulta a expertos durante la elaboración del RAGEI Agricultura 2016. Allí también se determinó que Cajamarca corresponde a la zona de producción de Selva Alta.
				Período de cultivo de arroz	Periodo de cultivo de arroz según zona de producción	Días (día)	MIDAGRI. 2021. Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura, año 2016. Sin publicar.	
				Tipos de régimen del agua y su distribución a nivel nacional	Distribución porcentual de los sistemas de riego del arroz según zona de producción	Porcentaje (%)		

Fuente: Elaboración propia

La superficie cosechada de arroz en Cajamarca para el año 2016 es obtenida directamente de las estadísticas agrarias de MIDAGRI.

Tabla 61. Superficie cosechada de arroz en Cajamarca, año 2016

Cultivo	Superficie cultivada (ha)
Arroz	24,886.00

Fuente: MIDAGRI 2017

El periodo de cultivo presentado en la siguiente tabla, fue determinada mediante opinión de expertos, como parte de la elaboración del RAGEI Agricultura 2016.

Tabla 62. Periodo de cultivo en días para la selva baja

Departamento	Zona de producción	Periodo de cultivo (días)
Cajamarca	Selva alta	138

Fuente: MIDAGRI 2020

La distribución porcentual de los tipos de riego fue determinada mediante opinión de expertos, como parte de la elaboración del RAGEI Agricultura 2016. En la siguiente tabla se identifica que en Cajamarca aplican los sistemas de la zona de producción selva alta.

Tabla 63. Distribución porcentual de los tipos de riego para selva alta

Tipos de riego			Porcentaje (%)
Tierras altas			-
De regadío	Anegados continuamente		-
	Anegados intermitentemente	Aeración sencilla	39
		Aeración múltiple	40
De secano	Anegadizos		3
	Expuesto a la sequía		3
Aguas profundas	Profundidad del agua 50-100 cm		15
	Profundidad del agua > 100 cm		-

Fuente: MIDAGRI 2021

7.3.6.3. Factores de emisión y conversión

El detalle sobre los factores de emisión y los factores de ajuste utilizados se presenta en las siguientes tablas.

Tabla 64. Factor de emisión por defecto para campos continuamente inundados sin enmiendas orgánicas

Región	Valor	Unidad
Sudamérica	1.27	Kilogramos de metano por hectárea por día (Kg CH_4/ ha/ día)

Fuente: Directrices del IPCC del 2006 revisadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5, Cuadro 5.11

Tabla 65. Factor de escala para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo de arroz

Régimen de gestión del agua		Factor de escala
Tierras altas		-
Irrigadas	Inundados permanentemente	1.00
	Periodo de drenaje simple	0.71
	Periodo de drenaje múltiple	0.55
Alimentadas a lluvia y aguas profundas	Alimentación regular por lluvia	0.54
	Con tendencia a la sequia	0.16
	Aguas profundas	0.06

Fuente: Directrices del IPCC del 2006 revisadas en 2019, Volumen 4. Capítulo 5, Cuadro 5.12

Tabla 66. Factor de escala para contar diferencias en el régimen hídrico en la pretemporada antes del período de cultivo de arroz

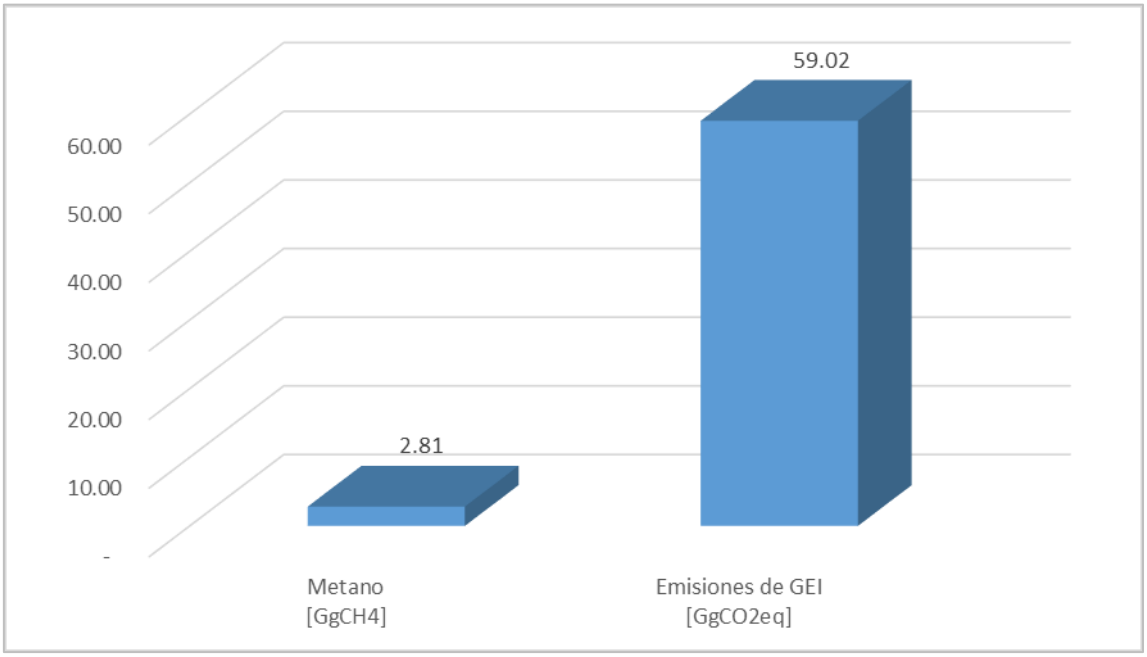
Régimen de agua antes del cultivo de arroz	Factor de escala pre-temporada
Pretemporada no inundada <180 d	1.22
Pretemporada no inundada > 180 d	
Pretemporada inundada > 30 d	
Pretemporada no inundada> 365 d	

Fuente: Directrices del IPCC del 2006 revisadas en 2019, Volumen 4. Capítulo 5, Cuadro 5.13

7.3.6.4. Análisis de resultados.

Para el año 2016, las emisiones de metano generadas por el cultivo de arroz fueron de 2.81 $GgCH_4$ que equivalen a 59.02 $GgCO_2eq$, representando el 2.86 % de las emisiones del sector.

Figura 44. Emisiones de GEI generados por el cultivo de arroz, año 2016



Fuente: Elaboración propia

8. RESULTADOS DEL SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

El sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) incluye las emisiones y remociones de GEI asociadas a la variación del contenido de carbono de los depósitos (biomasa viva, materia orgánica muerta y carbono orgánico del suelo), por efectos de la gestión en las tierras en seis categorías de uso de la tierra: Tierras Forestales, Tierras de Cultivos, Pastizales, Humedales, Asentamientos y Otras Tierras. Asimismo, abarca las emisiones de GEI generadas por la quema de biomasa por incendios forestales.

La siguiente tabla muestra las categorías y subcategorías del sector UTCUTS y el tipo de gases estimados.

Tabla 67. Gases estimados en el sector UTCUTS

Código	Descripción	Categorías IPCC	GEI estimados
3	**Sector**	**Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura**	
3B	**Categoría**	**Tierras**	
3B1	Subcategoría	Tierras forestales	CO_2
3B2	Subcategoría	Tierras de cultivos	CO_2
3B3	Subcategoría	Pastizales	CO_2
3B4	Subcategoría	Humedales	CO_2
3B5	Subcategoría	Asentamientos	CO_2
3B6	Subcategoría	Otras tierras	CO_2
3C	**Categoría**	**Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra**	
3C1	Subcategoría	Emisiones por quema de biomasa (tierras forestales)	CH_4, N_2O

Fuente: Elaboración propia

Para representar las tierras se ha empleado el Método 3 – que es el más complejo y completo –lo que significa que se ha elaborado una representación espacialmente explícita de las categorías de uso de la tierra y de su trayectoria en el lapso de 2 años (2014-2016). El resultado se presenta en matrices de uso y cambio de uso de la tierra, desagregadas por Ecozona.

La información de base para desarrollar las matrices varía de acuerdo al bioma: para Amazonía, se empleó el Mapa de Uso y Cambio de Uso de la Tierra del periodo 2013-2016, desarrollado por el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (MINAM 2018). Para Costa y Sierra se emplearon los mapas de la Agencia Espacial Europea. En todos los casos, se reclasificaron las leyendas de acuerdo a las seis categorías de uso de la tierra del IPCC.

8.1. Análisis del resultado sectorial

Las emisiones del sector UTCUTS para el año 2016 ascienden a 1000.82 $GgCO_2eq$, que representan el 25.43% de las emisiones totales de Cajamarca.

En la siguiente tabla se presenta los resultados de las emisiones de GEI del sector UTCUTS en unidades de $GgCO_2eq$.

Tabla 68. Resultados de emisiones de GEI del sector UTCUTS

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones CO_2 ($GgCO_2$)	Emisiones CH_4 ($GgCO_2eq$)	Emisiones N_2O ($GgCO_2eq$)	Emisiones de GEI [$GgCO_2eq$]
3	**UTCUTS**	**999.32**	**0.13**	**0.06**	**1,000.82**

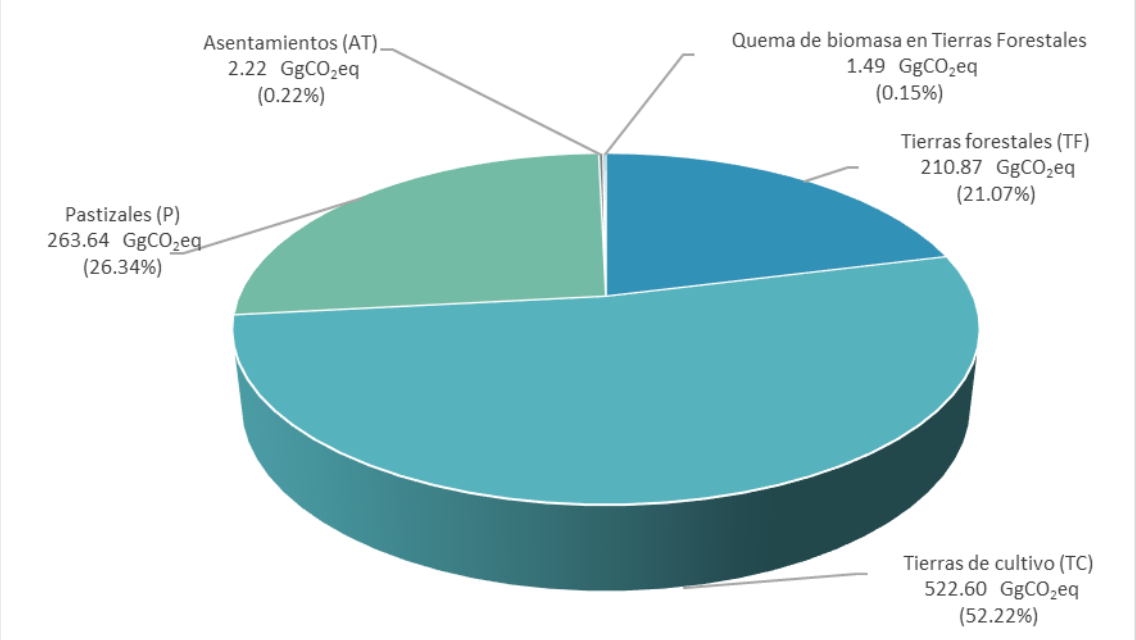
Código	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones CO_2 ($GgCO_2$)	Emisiones CH_4 ($GgCO_2eq$)	Emisiones N_2O ($GgCO_2eq$)	Emisiones de GEI [$GgCO_2eq$]
3B	**Tierras**	**999.32**			**999.32**
3B1	**Tierras forestales (TF)**	**210.87**			**210.87**
3B1a	TF que permanecen como TF	227.73			227.73
3B1b	Tierras que se convierten en TF	-16.86			-16.86
3B1bi	TC que se convierten en TF	-6.37			-6.37
3B1bii	P que se convierten en TF	-10.15			-10.15
3B1biii	H que se convierten en TF	-0.34			-0.34
3B1biv	AT que se convierten en TF	-			-
3B1bv	OT que se convierten en TF	-			-
3B2	**Tierras de cultivo (TC)**	**522.60**			**522.60**
3B2a	TC que permanecen como TC	6.06			6.06
3B2b	Tierras que se convierten en TC	516.53			516.53
3B2bi	TF que se convierten en TC	515.86			515.86
3B2bii	P que se convierten en TC	0.87			0.87
3B2biii	H que se convierten en TC	-			-
3B2biv	AT que se convierten en TC	-0.02			-0.02
3B2bv	OT que se convierten en TC	-0.17			-0.17
3B3	**Pastizales (P)**	**263.64**			**263.64**
3B3a	P que permanecen como P	-			-
3B3b	Tierras que se convierten en P	263.64			263.64
3B3bi	TF que se convierten en P	269.05			269.05
3B3bii	TC que se convierten en P	-4.10			-4.10
3B3biii	H que se convierten en P	-			-
3B3biv	AT que se convierten en P	-1.31			-1.31
3B3bv	OT que se convierten en P	-			-
3B5	**Asentamientos (AT)**	**2.22**			**2.22**
3B5b	Tierras que se convierten en AT	2.22			2.22
3B5bi	TF que se convierten en AT	-			-
3B5bii	TC que se convierten en AT	1.10			1.10
3B5biii	P que se convierten en AT	1.11			1.11
3B5biv	H que se convierten en AT	-			-
3B5bv	OT que se convierten en AT	-			-
3C	**Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO_2 de la tierra**		1.04	0.45	1.49
3C1	**Emisiones por quema de biomasa**		1.04	0.45	1.49
3C1a	Quema de biomasa en Tierras Forestales		1.04	0.45	1.49

Fuente: Elaboración propia

La principal fuente de emisión es la subcategoría tierras de cultivo con 522.60 $GgCO_2eq$, representando el 52.22% del total de las emisiones del sector, seguida por la subcategoría pastizales con 263.64 $GgCO_2eq$ y por la subcategoría tierras forestales, con 210.87 $GgCO_2eq$ representando el .26.34% y el 21.07% de las emisiones totales del sector, respectivamente.

En la siguiente figura, se muestra la distribución de las emisiones de GEI por subcategorías.

Figura 45. Distribución de emisiones por categorías de GEI del sector UTCUTS, 2016



Fuente: Elaboración propia

8.2. Tierras

Esta categoría abarca las emisiones y remociones de GEI en reservorios de carbono de tierras gestionadas en (3B1) Tierras forestales, (3B2) Tierras de cultivos, (3B3) Pastizales, (3B5) y Asentamientos.

8.2.1. Tierras forestales

Esta subcategoría comprende a todas las tierras cuya vegetación está definida como bosque por los criterios nacionales, o que en el futuro llegará a cumplir los mismos.

De acuerdo al Marco Metodológico del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, el bosque se define como un "ecosistema predominantemente arbóreo que debe tener una superficie mayor de 0,5 ha, con un ancho mínimo de 20 metros y una cobertura de copas mínima del 10%. La vegetación predominante está representada por árboles de consistencia leñosa que tienen una altura mínima de 2 metros en su estado adulto para Costa y Sierra, y 5 metros para la Selva amazónica" (MINAGRI, MINAM 2016).

Las tierras forestales se subdividen en:

- Las tierras forestales que permanecen como tierras forestales (subcategoría 3B1a), que se componen por los bosques con más de 20 años de antigüedad.
- Las tierras convertidas en tierras forestales (subcategoría 3B1b), que abarcan todas las áreas donde la vegetación boscosa se encuentra en proceso de recuperación, natural o artificialmente. Pasados los 20 años, las tierras en esta segunda subcategoría pasan a conformar las tierras forestales que permanecen como tierras forestales.

8.2.1.1. Método de cálculo

En esta subcategoría se evalúan las emisiones y remociones de carbono generadas por la variación del contenido de carbono en la biomasa viva, materia orgánica muerta y los suelos.

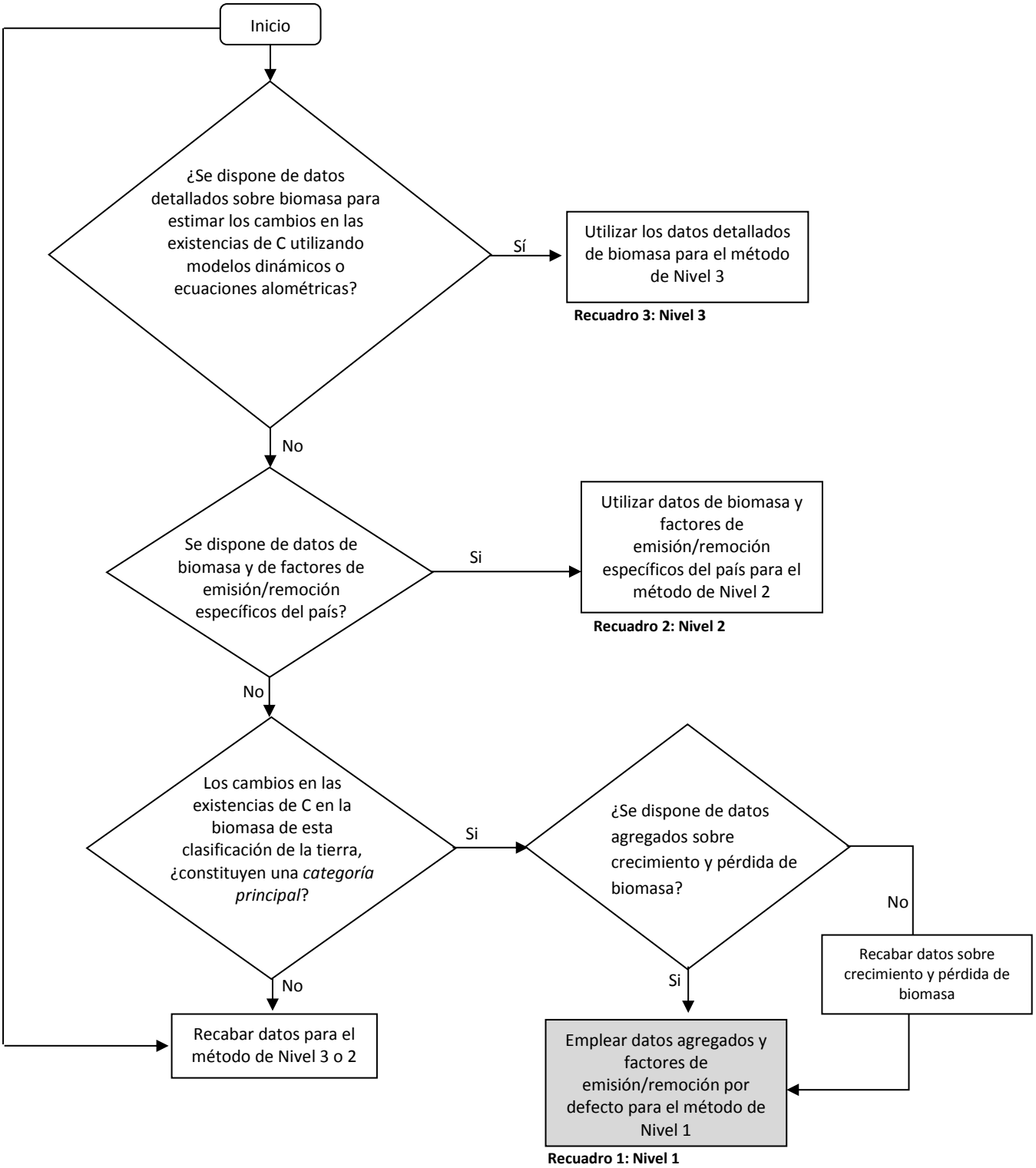
- ***Biomasa***

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión/remoción por defecto.
- Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos de biomasa y factores de emisión/remoción específicos del país.
- Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de biomasa.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en una categoría de uso de la tierra.

Figura 46. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en una categoría de uso de la tierra



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 2. Pág. 2.15

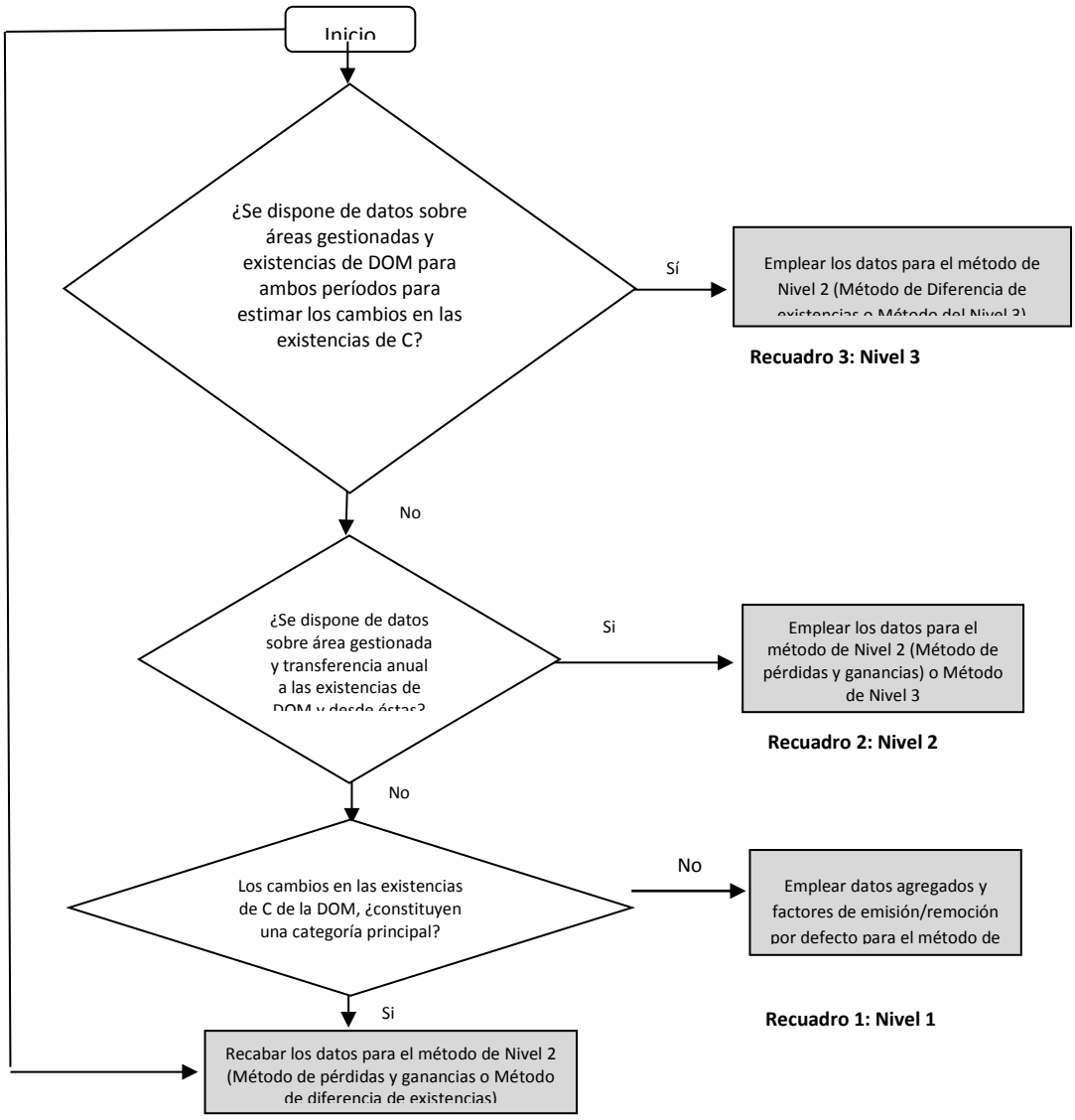
- ***Materia orgánica muerta***

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión/remoción por defecto.
- Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos sobre transferencia anual y factores de emisión/remoción específicos del país.
- Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de existencias de MOM.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en una categoría de uso de la tierra.

Figura 47. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en una categoría de uso de la tierra



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 2. Pág. 2.25

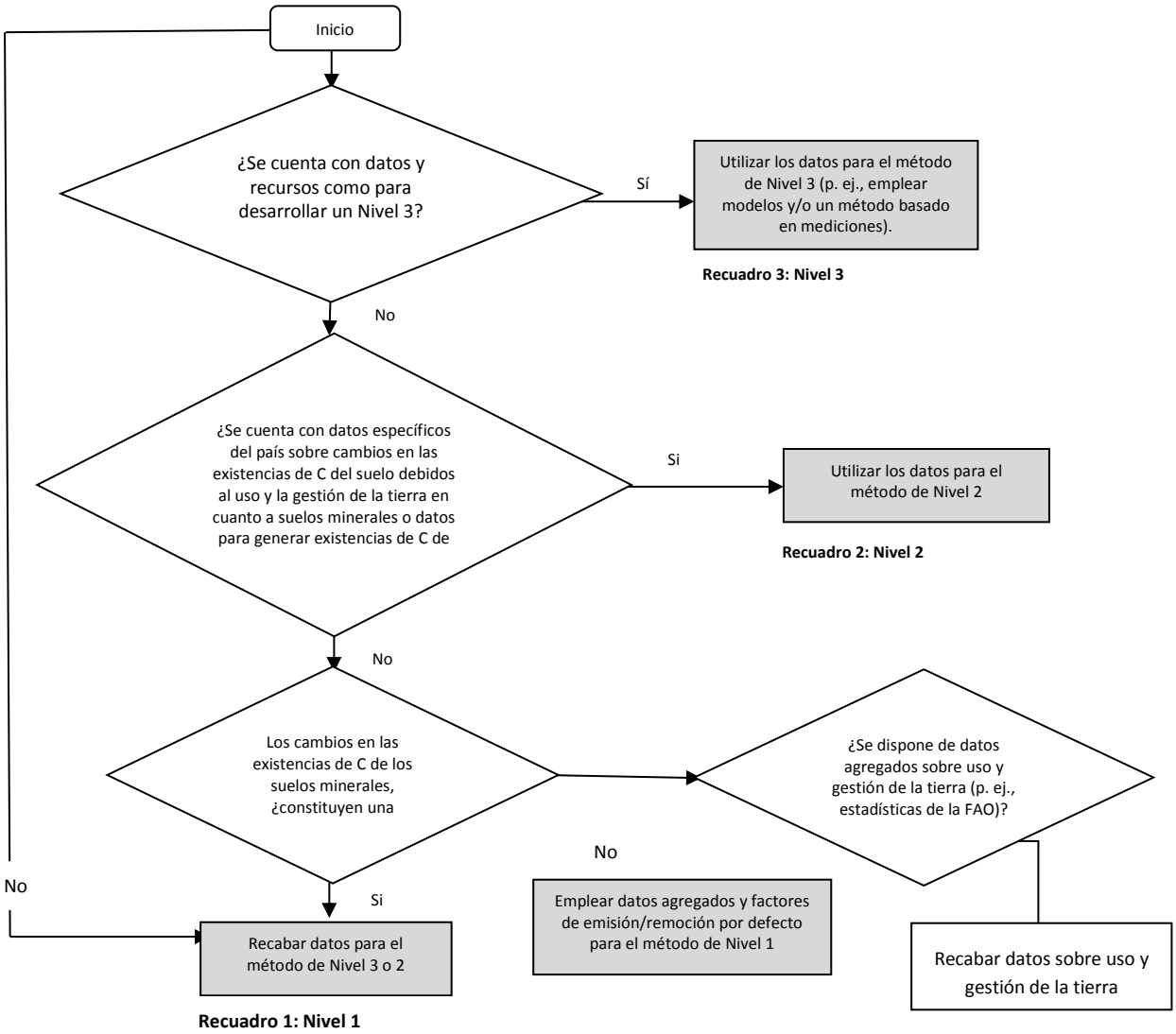
- ***Carbono del suelo***

Para los suelos minerales***,*** *s*egún las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión/remoción por defecto.
- Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos específicos del país sobre cambios en las existencias de C del suelo debidos al uso y la gestión de la tierra en cuanto a suelos minerales o datos para generar existencias de C de referencia específicas del país
- Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de basados en modelos y/o mediciones.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en una categoría de uso de la tierra.

Figura 48. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales por categoría de uso de la tierra



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 2. Pág. 2.37

Tierras forestales que permanecen como tierras forestales

En las estimaciones de la subcategoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales se ha usado el Nivel metodológico 1; es decir, se siguieron las ecuaciones de nivel básico del método "Pérdidas y Ganancias", en las cuales se combinaron los datos de actividad con factores de emisión por defecto proporcionados por las Directrices del IPCC de 2006, en su gran mayoría.

Así mismo, se mantuvieron los siguientes supuestos de cálculo de nivel 1:

- Las reservas de carbono de la materia orgánica muerta se encuentran en equilibrio, por lo que las variaciones de carbono se consideran nulas en este depósito.
- Las existencias de carbono en los suelos minerales no se modifican por la gestión, y por tanto son nulas.

Tierras convertidas en tierras forestales

Para las estimaciones en tierras convertidas en tierras forestales se emplea una combinación de métodos: Nivel 2 para la variación de las reservas de carbono en el depósito de biomasa viva (aérea y subterránea), y Nivel 1 para la variación en los depósitos de materia orgánica muerta y suelos minerales. En suelos orgánicos no se pudieron estimar las emisiones por falta de los datos de actividad necesarios.

Se pudo alcanzar el nivel 2 para la biomasa viva por la disponibilidad de las matrices de uso y cambio de uso espacialmente explicitas. Asimismo, los supuestos de cálculo del nivel 2 más importantes fueron:

- La biomasa inmediatamente después de la conversión del uso de la tierra es igual a cero.
- No se reportan pérdidas de carbono por extracción de madera y leña, dado que todas sus emisiones fueron reportadas en las tierras forestales que permanecen como tierras forestales, debido a la imposibilidad de desagregar los datos de actividad en función de su lugar de extracción.
- Respecto a otras pérdidas (incendios forestales), no existe la información necesaria para su estimación en esta subcategoría.

Los supuestos de nivel 1 para los demás depósitos fueron:

- Se asume que solo existen reservas de carbono de la materia orgánica muerta en el uso final (tierras forestales). En las demás categorías de la tierra, su valor es igual a cero.
- La variación del contenido de carbono en la materia orgánica muerta y suelo es lineal durante el periodo de transición de 20 años.

8.2.1.2. Datos de actividad

A continuación, se presentan los datos de actividad empleados para las tierras forestales que permanecen como tierras forestales y las tierras que se convierten en tierras forestales.

Tierras forestales que permanecen como tierras forestales

Las siguientes tablas presentan los datos de actividad empleados en la estimación de la subcategoría.

Tabla 69. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales

Categoría				Fuente / Sumidero	Datos IPCC	Datos del departament0	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3				Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3B			Tierras					
		3B1		Tierras Forestales					
			3B1a	Incremento anual de las reservas de carbono debido al incremento de biomasa	Superficie de tierras forestales que permanecen como tierras forestales, por tipos de bosque y zonas climáticas	Superficie de bosque que sigue siendo bosque biomas de Amazonia, Costa y Sierra	Hectáreas (ha)	MINAM (2020). Desarrollo de Matrices regionales de Uso y Cambio de Uso de la Tierra, del periodo 2014-2016, para 7 regiones del Perú. Trabajo de consultoría.	Reporte de las superficies totales del bosque que permanece como tal. No obstante, el análisis de absorción de carbono se realiza para la superficie de bosques concesionados con fines maderables que cuentan con certificación FSC, del tipo Manejo Forestal. En Cajamarca no existen concesiones maderables certificadas con FSC.
						Superficies de concesiones para aprovechamiento forestal maderable con certificación de Manejo Forestal, año 2016	Hectáreas (ha)	FSC. (2016). Datos y Cifras 2016 - boletín mensual. Recuperado de: https://pe.fsc.org/es-pe/nuestro-impacto/datos-y-cifras	
				Disminución anual de las reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa	Volumen anual de madera rolliza extraída	Producción de madera rolliza extraída por especie	Metros cúbicos por año (m^3/año)	MINAGRI - SERFOR (2018). Perú Forestal en Números Año 2016. Recuperado de: http://repositorio.serfor.gob.pe/bitstream/SERFOR/519/1/Anuario%20Forestal%20y%20Fauna%20Silvestre%202016.pdf	Estimación de las pérdidas de carbono por la extracción de madera.
					Volumen anual de leña recogida	Población nacional estimada al año 2016 por departamento	Número de individuos (n° indv)	INEI (s/f). Estadísticas de Población y Vivienda. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/cap0323a.xls	Estimación del volumen anual de leña extraída, requerido Sirve para calcular las pérdidas de carbono por uso de leña. Se asumió que todo el volumen proviene de

Categoría				Fuente / Sumidero	Datos IPCC	Datos del departament0	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
						Población en hogares que usa leña y/o carbón para preparar sus alimentos en 2016	Porcentaje (%)	INEI (2017). Anuario de Estadísticas Ambientales 2017. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1469/index.html	las superficies tierras forestales que permanecen como tierras forestales.
						Consumo per cápita de leña por departamento	Metros cúbicos por individuo (m^3/indv)	MINAGRI - SERFOR (2018). Perú Forestal en Números Año 2016. Recuperado de: http://repositorio.serfor.gob.pe/bitstream/SERFOR/519/1/Anuario%20Forestal%20y%20Fauna%20Silvestre%202016.pdf	
					Superficies forestales afectadas por otras pérdidas	Superficie quemada en bosques de la Amazonía, por Ecozona, en el año 2016	Hectáreas (ha)	MINAM (2020). Reporte de superficies quemadas en bosques de la Amazonía peruana, año 2016. En proceso de validación.	Estimación de las emisiones de CO_2 por incendios forestales, solo de la parte amazónica del departamento.

Fuente: Elaboración propia

En las tierras forestales que permanecen como tierras forestales se utilizó como supuesto que los incrementos de la biomasa ocurren únicamente en áreas de bosque con manejo forestal certificado, sin embargo, tal como se presenta en la siguiente tabla, en Cajamarca no se encuentran registros de bosques con esta condición. Así, la información de las superficies de permanencia es reportada pero no llega a ser empleada en los cálculos de biomasa.

Tabla 70. Superficies de permanencia en tierras forestales que permanecen como tierras forestales

Uso inicial	Uso final	Subcategorías de reporte		Superficie (ha)
		Bioma	Gestión	
Tierra Forestal	Tierra Forestal	Amazonía	Bosques naturales	350,260.20
			Bosques naturales con certificación de manejo forestal (FSC)	-
		Costa	Bosques naturales	341,912.79
		Sierra	Bosques naturales	239,167.98
Total				**931,340.97**

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, de acuerdo a la información publicada por SERFOR, en Cajamarca no ha ocurrido extracción de madera en el 2016.

Con respecto a las variables para estimar el volumen de leña consumida en Cajamarca, este valor es estimado en función a las variables de población total de Cajamarca y el porcentaje de la población que consume leña para el año del Inventario - ambos datos reportados por el Instituto Nacional de Estadísticas e Información (INEI); y el porcentaje de consumo de leña per cápita por departamento, reportado en el anuario de estadísticas forestales del año 2016 (SERFOR 2017), tal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 71. Variables empleadas y volumen estimado de leña consumida, ano 2016

Variables empleadas	Valor (m^3)
Población total 2016 (n° individuos)	1,533,783.00
Población que consume leña (%)	2.78
Consumo de leña per cápita (m^3/individuo)	1.10
Total	**46,832.00**

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la información sobre otras pérdidas, solo se evalúan los incendios forestales en la Amazonía, debido a que no se cuenta con información de incendios forestales en Costa y Sierra Asimismo, no se cuenta con información sobre afectación de plagas y enfermedades que afecten al bosque.

Tabla 72. Superficie de bosques amazónicos quemados en Cajamarca, año 2016

Ecozona	Selva Alta Accesible	Selva Alta de Difícil Acceso	Selva Baja	Zona Hidromórfica
	Ha			
Cajamarca	146.43	8.82	NA	NA

NA: No aplica
Fuente: MINAM 2021

No se han identificado los datos de actividad para estimar las variaciones en el carbono de la materia orgánica muerta y los suelos minerales, por considerarse depósitos en equilibrio bajo el Nivel 1. Tampoco se ha encontrado información referente a superficies de bosque en suelos orgánicos que se encuentren siendo drenados, lo que ha imposibilitado la estimación de las emisiones en este depósito.

Tierras convertidas en tierras forestales

Las siguientes tablas presentan los datos de actividad empleados en la estimación de la subcategoría.

Tabla 73. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en tierras forestales

Categoría				Fuente / Sumidero	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3				Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3B			Tierras					
		3B1		Tierras Forestales					
			3B1b	Incremento anual de las reservas de carbono debido al incremento de biomasa	Superficie de Tierras convertidas en Tierras Forestales, por tipo de gestión (intensiva o extensiva)	Superficie de Tierras convertidas en Tierras Forestales, biomas Amazonía, Costa y Sierra, en el periodo 2014-2016	Hectáreas (ha)	MINAM (2020). Desarrollo de Matrices regionales de Uso y Cambio de Uso de la Tierra, del periodo 2014-2016, para 7 regiones del Perú. Trabajo de consultoría.	Estimación de la absorción de carbono por el crecimiento de la biomasa en las tierras que se convierten en bosques, sean naturales o plantaciones forestales.
						Proporción de plantaciones forestales instaladas dentro de las Tierras convertidas a Tierras Forestales	Porcentaje (%)	MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Uso de la Tierra Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, año 2016.	Desagregación de las superficies convertidas en Tierras Forestales en plantaciones forestales y regeneración natural. Esta información proviene de la opinión de expertos de nivel nacional colectada por los compiladores del RAGEI UTCUTS 2016, y solo abarca a las tierras en Costa y Sierra.
				Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta debido al cambio de uso de la tierra	Superficie de Tierras convertidas en Tierras Forestales	Superficie de Tierras convertidas en Tierras Forestales, biomas Amazonia, Costa y Sierra, en el periodo 2014-2016	Hectáreas (ha)	MINAM (2020). Desarrollo de Matrices regionales de Uso y Cambio de Uso de la Tierra, del periodo 2014-2016, para 7 regiones del Perú. Trabajo de consultoría.	Estimación de la absorción de carbono por la variación de las existencias en la materia orgánica muerta. Las superficies empleadas son agregadas, sin considerar el tipo de gestión (extensiva o intensiva).

Categoría				Fuente / Sumidero	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
				Variación anual de las reservas de carbono en el suelo debido al cambio de uso de la tierra	Superficie de Tierras convertidas en Tierras Forestales	Superficie de Tierras convertidas en Tierras Forestales, biomas Amazonia, Costa y Sierra, en el periodo 2014-2016	Hectáreas (ha)	MINAM (2020). Desarrollo de Matrices regionales de Uso y Cambio de Uso de la Tierra, del periodo 2014-2016, para 7 regiones del Perú. Trabajo de consultoría.	Estimación de la absorción de carbono por la variación de las existencias en el suelo. Las superficies empleadas son agregadas, sin considerar el tipo de suelos ni de gestión.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la superficie de tierras convertidas en tierras forestales en los biomas Amazonia, Costa y Sierra. Al respecto, la anotación "NE" significa "No Estimado" y se utiliza en las conversiones a tierras forestales en Amazonía, puesto que no se encontró información sobre bosques en recuperación natural o plantaciones en este bioma.

Tabla 74. Superficies de conversión en tierras convertidas en tierras forestales, periodo 2014-2016

Uso inicial	Uso final	Subcategoría de reporte	Superficie (ha)
Tierras de Cultivos	Tierras forestales	Amazonía	NE
		Costa	317.88
		Sierra	50.58
Pastizales		Amazonía	NE
		Costa	9.90
		Sierra	513.36
Humedales		Amazonía	NE
		Costa	30.33
		Sierra	-
Asentamientos		Amazonía	NE
		Costa	-
		Sierra	-
Otras Tierras		Amazonía	NE
		Costa	-
		Sierra	-
Total			**1,093.41**

Fuente: MINAM 2020

Las superficies de conversión que pudieron ser identificadas, fueron desagregadas por tipo de gestión (plantaciones forestales o regeneración natural), en base a la opinión de expertos recabada durante la elaboración del RAGEI UTCUTS 2016. Estos determinaron, para los biomas de Costa y Sierra, las proporciones de las tierras que se convierten en tierras forestales que corresponderían a plantaciones forestales.

Tabla 75. Proporción de plantaciones forestales instaladas dentro de las tierras convertidas en tierras forestales

Bioma	Uso inicial	Porcentaje convertido a Plantaciones Forestales (%)
Costa	Tierras de cultivo	0.05
	Pastizales	5.00
	Humedales	-
	Asentamientos	-
	Otras Tierras	35.00
Sierra	Tierras de cultivo	5.05
	Pastizales	75.00
	Humedales	-
	Asentamientos	-
	Otras Tierras	65.00

Fuente: MINAM 2020

Se debe notar que los valores de la tabla anterior son un aproximado a nivel de bioma. En el futuro, podrían generarse porcentajes apropiados para cada departamento, en base a la opinión de expertos locales.

La desagregación antes mencionada puede verse en la siguiente tabla. Las superficies de plantaciones forestales resultan de la multiplicación directa de la superficie de cambio de cada categoría por el porcentaje definido respectivo, mientras que las superficies de regeneración

natural vienen a ser la superficie restante de cada categoría. Por ello, la sumatoria es igual en la tabla anterior de superficies agregadas.

Tabla 76. Superficies de tierras convertidas en tierras forestales divididas por tipo de gestión en el periodo 2014-2016

Uso inicial	Uso final	Subcategorías de reporte		Superficie (ha)
		Bioma	Gestión	
Tierras de Cultivo	Tierras Forestales	Costa	Regeneración natural	317.72
			Plantación forestal	0.16
		Sierra	Regeneración natural	210.73
			Plantación forestal	11.21
Pastizales		Costa	Regeneración natural	9.41
			Plantación forestal	0.50
		Sierra	Regeneración natural	128.34
			Plantación forestal	385.02
Humedales		Costa	Regeneración natural	30.33
			Plantación forestal	-
		Sierra	Regeneración natural	-
			Plantación forestal	-
Asentamientos		Costa	Regeneración natural	-
			Plantación forestal	-
		Sierra	Regeneración natural	-
			Plantación forestal	-
Otras Tierras		Costa	Regeneración natural	-
			Plantación forestal	-
		Sierra	Regeneración natural	-
			Plantación forestal	-
Total				**1,093.41**

Fuente: Elaboración propia

Como se indica en la tabla resumen, las superficies desagregadas por tipo de gestión son necesarias para evaluar las remociones en la biomasa viva; en tanto, las superficies agregadas sirven para estimar las variaciones de carbono en la materia orgánica muerta y en el suelo, que en el caso específico de tierras convertidas en tierras forestales siempre resultan en equilibrio o en una remoción, dependiendo del tipo de cambio.

Se debe resaltar que, en las estimaciones de todos los depósitos de carbono de tierras convertidas en tierras forestales, se deberían usar las superficies de cambio de un periodo por defecto de 20 años; no obstante, solo se dispone de una matriz de 2 años, con la cual se ha trabajado. Esto conlleva a suponer que las remociones de la subcategoría estarían subestimadas.

Otro punto a notar es que en tierras convertidas en tierras forestales no se han evaluado las pérdidas de biomasa por extracción de madera y consumo de leña, debido a que fueron incluidas en su totalidad en tierras forestales que permanecen como tierras forestales. En el caso de otras pérdidas, no existe información sobre incendios forestales o quemas de biomasa en tierras que se convierten en bosques, que permita calcular las emisiones de CO_2. Esto significa que esta fuente no ha sido estimada.

De manera similar, a nivel nacional no se dispone de información espacialmente explícita sobre los suelos orgánicos ni se tienen registrados los tipos de gestión (y conversión) a los que están sometidos. Por ello, no se ha estimado las emisiones por conversión en suelos orgánicos.

8.2.1.3. Factores de emisión y conversión

La categoría de uso de las tierras forestales es la que dispone de factores de emisión desarrollados nacionalmente, como los contenidos de carbono de la biomasa aérea de los bosques, y otros factores que se derivan de estos: los contenidos de carbono de la biomasa subterránea, y la relación raíz-vástago por Ecozona. Se vienen desarrollando, además, los contenidos de carbono de la materia orgánica muerta en el marco del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, que serán integrados en futuros inventarios de GEI del sector una vez sean finalizados.

Tierras forestales que permanecen como tierras forestales

Los factores de emisión para tierras forestales que permanecen como tierras forestales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 77. Factores de emisión para tierras forestales que permanecen como tierras forestales

Factor	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
Fracción de carbono de la materia seca	0.47	Toneladas de carbono por tonelada de materia seca (t C/t m.s.)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 4, Cuadro 4.3.	-
Incremento medio anual de la biomasa aérea – Amazonía	1.00	Toneladas de materia seca por hectárea por año (t m.s./ha/año)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 4, Cuadro 4.9.	Valor para bosque tropical lluvioso, primario.
Incremento medio anual de la biomasa aérea – Costa	0.00	Toneladas de materia seca por hectárea por año (t m.s./ha/año)	Supuesto de inventario.	Se asume que el incremento se da en bosques gestionados sosteniblemente, lo que se traduce en bosques concesionados para aprovechamiento de madera con certificación FSC. Dado que no existen en Sierra (ni Costa), se adopta un valor igual a cero.
Incremento medio anual de la biomasa aérea –Sierra	0.00			
Factor de conversión y expansión de biomasa, de volumen comercial a volumen total (incluyendo corteza)	1.67	Metros cúbicos (m^3)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 4, Cuadro 4.5.	Valor para zona climática tropical húmeda, bosques naturales con existencias en crecimiento entre 80-120 m^3/ha.
Biomasa aérea en áreas afectadas – Selva Alta de Difícil Acceso	166.45	Toneladas de materia seca por hectárea (t m.s./ha)	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2019). Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú. Panel 1.	Valores nacionales para bosques naturales. Se emplean en los cálculos de pérdidas de carbono y emisión de otros GEI por efecto de los incendios forestales.
Biomasa aérea en áreas afectadas – Selva Alta Accesible	145.39			
Relación raíz/vástago	0.34	Toneladas de materia seca de biomasa	MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto	Valor nacional estimado como el promedio ponderado de los valores

Factor	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
		subterránea por toneladas de materia seca de biomasa aérea (t m.s. BGB/t m.s. AGB)	Invernadero del sector UTCUTS año 2016.	de las Ecozonas de Amazonía, de acuerdo a los resultados de SERFOR. Se emplea en el cálculo de incrementos de biomasa en los bosques concesionados con certificación FSC.
Factor de combustión	0.32	Sin dimensión	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 2, Cuadro 2.6.	Valor por defecto en Nivel 1.
Factor de emisión de CH_4	6.80	Gramos de GEI por kilogramos de materia seca quemada (g GEI/Kg m.s. quemada)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 2, Cuadro 2.5.	Valores por defecto en nivel 1. También se estiman las emisiones de CO y NO_X aunque luego no se suman a los resultados totales.
Factor de emisión de N_2O	0.20			

Fuente: Elaboración propia.

Tierras convertidas en tierras forestales

Los factores de emisión para tierras convertidas en tierras forestales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 78. Factores de emisión para tierras convertidas en tierras forestales

Dato	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
Incremento medio anual de la biomasa aérea de la regeneración natural – Amazonía	5.90	Toneladas de materia seca por hectárea por año (t m.s./ha/año)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 4, Cuadro 4.9.	Valor para bosque tropical lluvioso, secundario con ≤ 20 años.
Incremento medio anual de la biomasa aérea de la regeneración natural – Costa	3.90		Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 4, Cuadro 4.9.	Valor para bosque tropical lluvioso, secundario con ≤ 20 años.
Incremento medio anual de la biomasa aérea de la regeneración natural - Sierra	4.40			Valor para sistemas montañosos tropicales, secundario con ≤ 20 años.
Incremento medio anual de la biomasa aérea de plantaciones forestales – Amazonía	20.00		Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 4, Cuadro 4.10.	Valor para la región América, otras especies de hoja ancha, bosque tropical lluvioso.
Incremento medio anual de la biomasa aérea de plantaciones forestales – Costa	10.00			Valor para la región América, otras especies de hoja ancha, bosque tropical Seco.
Incremento medio anual de la biomasa aérea de plantaciones forestales – Sierra	10.00			Valor para la región América, Eucalipto, sistemas montañosos tropicales.

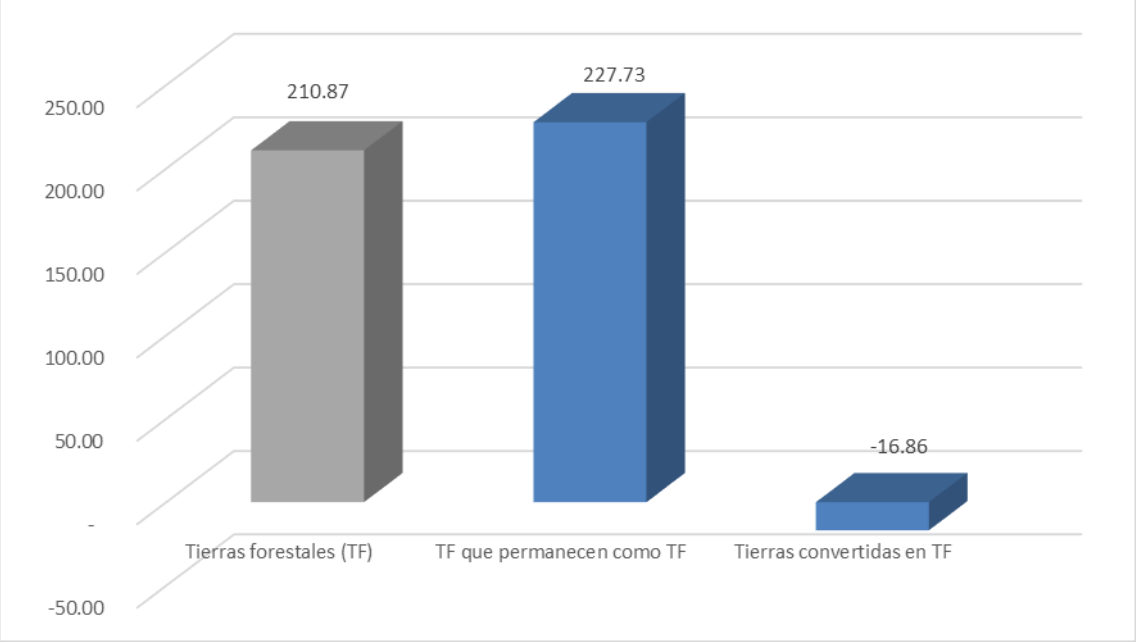
Dato	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
Fracción de carbono de la materia seca	0.47	Toneladas de carbono por tonelada de materia seca (t C/t m.s.)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 4, Cuadro 4.3.	-
Relación raíz/vástago para regeneración natural – Amazonía	0.267	Toneladas de materia seca de biomasa subterránea por toneladas de materia seca de biomasa aérea (t m.s. BGB/t m.s. AGB)	MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector UTCUTS año 2016.	Valores por Ecozona estimados a partir de los resultados de biomasa de SERFOR.
Relación raíz/vástago para regeneración natural – Costa	0.36			
Relación raíz/vástago para regeneración natural – Sierra	0.326			
Relación raíz/vástago para plantaciones forestales – Amazonía	0.17		Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 4, Cuadro 4.4.	Valor para Sudamérica, bosque tropical húmedo, plantado, con biomasa aérea ≤125 t m.s./ha
Relación raíz/vástago para plantaciones forestales – Costa	0.334			Valor para Sudamérica, bosque tropical seco, natural, con biomasa aérea ≤ 125 t m.s./ha
Relación raíz/vástago para plantaciones forestales – Sierra	0.27			Valor para Sudamérica, sistemas montañosos tropicales, plantado, con biomasa aérea > 125 t m.s./ha

Fuente: Elaboración propia. Varias fuentes

8.2.1.4. Análisis de resultados

El resultado total de la subcategoría tierras forestales es la emisión neta de 210.87 $GgCO_2eq$, que corresponde al 21.07% de las emisiones del sector. Este valor incorpora las emisiones de las tierras forestales que permanecen como tierras forestales, iguales a 227.73 $GgCO_2eq$, y las remociones en las tierras convertidas en tierras forestales, iguales a -16.86 $GgCO_2eq$.

Figura 49. Resultados de emisiones y remociones de GEI en tierras forestales



Fuente: Elaboración propia

La subcategoría tierras forestales solo se compone de las pérdidas de carbono por extracción de leña y otras pérdidas. Asimismo, las otras pérdidas solo incluyen a los incendios forestales ocurridos en la Amazonía.

Respecto a la subcategoría tierras convertidas en tierras forestales, se evalúan como sumideros únicamente a las plantaciones forestales y la revegetación natural en Costa y Sierra.

8.2.2. Tierras de cultivo

Las tierras de cultivo comprenden a las tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo (3B2a), que abarcan a todas las superficies cultivadas permanentemente, sea con cultivos anuales o perennes; y a las tierras convertidas en tierras de cultivo (3B2b), que incluyen a las tierras que se transformaron en cultivos desde cualquier otra categoría de uso de la tierra.

8.2.2.1. Método de cálculo

En esta categoría se evalúan las emisiones y remociones de carbono generadas por la variación del contenido de carbono en la biomasa viva, materia orgánica muerta y los suelos.

<u>Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo</u>

En las tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo se han empleado las ecuaciones básicas de nivel 1, basadas en el método de Pérdidas y Ganancias. Además, se han aplicado los siguientes supuestos de nivel 1 son:

- En tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo, la variación neta del carbono en la biomasa viva de los cultivos anuales es igual a cero, por lo que solo se analiza la variación en los cultivos perennes.

- Asimismo, se asume que no existe materia orgánica muerta en las tierras de cultivo, por tanto, no es necesario estimar su variación en tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo.

Tierras convertidas en tierras de cultivo

Para las estimaciones en tierras convertidas en tierras de cultivo, se emplea una combinación de métodos: nivel 2 para la variación de las reservas de carbono en el depósito de biomasa viva (aérea y subterránea), y nivel 1 para la variación en los depósitos de materia orgánica muerta y suelos minerales. En suelos orgánicos no se pudieron estimar las emisiones por falta de los datos de actividad necesarios.

Se pudo alcanzar el nivel 2 para la biomasa viva por la disponibilidad de las matrices de uso y cambio de uso, mencionadas anteriormente. El supuesto de cálculo del nivel 2 más importante es:

- La biomasa inmediatamente después de la conversión del uso de la tierra es igual a cero.

Los supuestos de nivel 1 seguidos en tierras convertidas en tierras de cultivo para los demás depósitos son:

- Se asume que no existen reservas de carbono de la materia orgánica muerta en tierras de cultivo, ni en ninguna otra categoría (usos iniciales), excepto las tierras forestales para los cuales se cuentan con valores por defecto.
- La materia orgánica de tierras forestales se pierde inmediatamente después de la conversión, por lo que no hay transferencia de carbono entre depósitos.
- La variación del contenido de carbono en la materia orgánica muerta y suelo es lineal durante el periodo de transición de 20 años.

8.2.2.2. Datos de actividad

Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo

Los datos de actividad contemplados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 79. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo

Categoría				Fuente / Sumidero	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3				Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3B			Tierras					
		3B2		Tierras de Cultivo					
			3B2a	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva	Superficie anual de cultivos leñosos perennes	Superficie instalada de cultivos leñosos perennes año 2016	Hectáreas (ha)	MINAGRI - Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas (2016). Enviado mediante EMAIL Nº 21-2020-MINAGRI-DGESEP/DEA-AD.	Estimación de las absorciones de carbono por el crecimiento de los cultivos perennes. La superficie instalada incluye a las superficies sembradas, en crecimiento y en producción
					Superficie anual cosechada de cultivos leñosos perennes	Superficie instalada de cultivos leñosos perennes año 2015	Hectáreas (ha)		Sirve para estimar las pérdidas de carbono por la eliminación de cultivos perennes. La superficie cosechada (perdida) se estima como una fracción de la superficie instalada de un año anterior al año inventario.

Fuente: Elaboración propia

Las tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo, utilizan como fuente de información de base a las superficies de cultivos perennes existentes y perdidos en el año inventario. La primera se obtiene directamente de las estadísticas de MIDAGRI, mientras que la segunda se aproxima a partir de la superficie instalada del año anterior al año inventario (2015) y el ciclo de vida de cada cultivo.

Tabla 80. Superficie instalada de cultivos perennes en el 2015 y 2016

Cultivos	Superficie instalada 2015 (ha)	Superficie instalada 2016 (ha)
Achiote	77.00	77.00
Cacao	1,354.50	1,354.50
Café	71,026.75	71,499.75
Chirimoya	1,483.00	1,385.00
Coco	13.00	13.00
Lima	469.70	469.70
Limón dulce	98.00	93.00
Limón sutíl o ácido	133.75	132.75
Mamey	9.00	9.00
Mango	1,221.50	1,194.50
Manzana	38.00	38.00
Naranja	1,067.95	1,059.95
Níspero	70.00	70.00
Pacae	934.00	846.00
Palta	668.50	613.50
Tara	2,069.30	1,890.30
Total	**80,733.95**	**80,745.95**

Fuente: MINAGRI. Elaboración propia

De acuerdo a la clasificación de los cultivos perennes de acuerdo al tipo de clima donde se desarrollan, realizada en la elaboración del RAGEI UTCUTS 2016, se pudo refinar la estimación de la superficie perdida, que emplea el número de años de ciclo de vida de los cultivos. El resultado de esta aproximación se ve en la siguiente tabla.

Tabla 81. Superficies en crecimiento y pérdidas en el 2016

Clima	Bioma*	Superficie en crecimiento (ha)	Superficie que se pierde o renueva (ha)
Tropical húmedo	Amazonía	74,943.20	9,321.40
Templado	Costa	1,817.00	63.30
Templado	Sierra	3,985.75	142.13

Fuente: Elaboración propia

*Se determina el tipo de bioma con el que tendría correspondencia el tipo de clima y gestión con el que se desarrolla cada cultivo. No quiere decir que el cultivo esté ubicado en el bioma indicado.

Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo

En cuanto a los datos de actividad empleados en tierras convertidas en tierras de cultivo, se debe resaltar que la matriz de uso y cambio de uso de la tierra es la información más importante. El resumen y el detalle de los datos de actividad se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 82. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en tierras de cultivo

Categoría				Fuente / Sumidero	Datos de actividad IPCC	Datos utilizados	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3				Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3B			Tierras					
		3B2		Tierras de Cultivo					
			3B2b	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva	Superficie de Tierras convertidas en Tierras de Cultivo	Superficie de Tierras convertidas en Tierras de Cultivo, biomas Amazonia, Costa y Sierra, anualizada al año 2016	Hectáreas (ha)	MINAM (2020). Desarrollo de Matrices regionales de Uso y Cambio de Uso de la Tierra, del periodo 2014-2016, para 7 regiones del Perú. Trabajo de consultoría.	Estimación de las emisiones y absorciones por la variación de las existencias en la biomasa viva.
				Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta debido al cambio de uso de la tierra	Superficie de Tierras convertidas en Tierras de Cultivo	Superficie de Tierras convertidas en Tierras de Cultivo, biomas Amazonía, Costa y Sierra, anualizada al año 2016			Estimación de las emisiones y absorciones por la variación de las existencias en la materia orgánica muerta. De acuerdo a los procedimientos en Nivel 1, se debe usar la superficie de cambio del año inventario y no la superficie en transición.
				Variación anual de las reservas de carbono en el suelo debido al cambio de uso de la tierra	Superficie de Tierras convertidas en Tierras de Cultivo	Superficie de Tierras convertidas en Tierras de Cultivo, biomas Amazonia, Costa y Sierra, en el periodo 2014-2016			Estimación de las emisiones y absorciones de carbono por la variación de las existencias en el suelo. Las superficies empleadas del periodo completo (2 años).

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, se presentan las superficies anualizadas de las tierras que se convirtieron en tierras de cultivo.

Tabla 83. Superficies de conversión en tierras de cultivo anualizadas al 2016

Uso Inicial	Uso final	Subcategoría de reporte	Superficie (ha)
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	Amazonía	876.54
		Costa	15.66
		Sierra	178.16
Pastizales		Amazonía	93.54
		Costa	8.19
		Sierra	988.65
Humedales		Amazonía	-
		Costa	-
		Sierra	-
Asentamientos		Amazonía	0.72
		Costa	-
		Sierra	-
Otras Tierras		Amazonía	-
		Costa	-
		Sierra	4.95
Total			**2,166.41**

Fuente: Elaboración propia

Las superficies anualizadas se obtienen de dividir las superficies de cambio entre el número de años del periodo (2).

8.2.2.3. Factores de emisión y conversión

<u>Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo</u>

Los factores de emisión en tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo consisten en los incrementos anuales de biomasa en cultivos perennes, la duración en su ciclo de recolección y el contenido de carbono al término de dicho ciclo.

Tabla 84. Factores de emisión para tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo

Variable	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
Tasa de acumulación de biomasa en cultivos perennes – Tropical húmedo	2.6	Toneladas de carbono por hectárea por año (t C/ha/año)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5, Cuadro 5.1.	Empleado en los cultivos designados como “cultivos en Amazonía”, para estimar las absorciones de carbono.
Tasa de acumulación de biomasa en cultivos perennes – Templado	2.1			Empleado en los cultivos designados como “cultivos en Costa y Sierra”, para estimar las absorciones de carbono.
Reservas de carbono en la biomasa aérea en la recolección – Tropical húmedo	21.0	Toneladas de carbono por hectárea (t C/ha)		Empleado en los cultivos designados como “cultivos en Amazonía”, para estimar las emisiones de carbono.
Reservas de carbono en la biomasa aérea en la recolección – Templado	63.0			Empleado en los cultivos designados como “cultivos en Costa y Sierra”, para estimar las emisiones de carbono.
Ciclo de recolección /	8.0	Años (año)		Empleado para determinar la

Variable	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
madurez – Tropical húmedo				superficie anual cosechada (perdida).
Ciclo de recolección / madurez – Tropical húmedo	30.0			

Fuente: Elaboración propia.

Tierras convertidas en tierras de cultivo

Por su lado, se necesitan más factores de emisión en los cálculos de las tierras convertidas en tierras de cultivo, como se aprecia a continuación.

Tabla 85. Factores de emisión para tierras convertidas en tierras de cultivo

Variable	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
Existencias de carbono en la biomasa después de un año en Tierras de Cultivo	4.7	Toneladas de carbono por hectárea (t C/ha)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5, Cuadro 5.9.	Valor para tierra de cultivo anual. Se emplea para estimar el incremento en 1 año posterior a la conversión.
Fracción de carbono de la materia seca	0.47	Toneladas de carbono por tonelada de materia seca (t C/t m.s.)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 4, Cuadro 4.3.	-
Biomasa viva en uso inicial – Tierra Forestal, Amazonía	309.35	Toneladas de materia seca por hectárea (t m.s./ha)	MINAM (2021). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector UTCUTS año 2016. Sin publicar.	Promedio ponderado de los valores provistos por SERFOR para las Ecozonas Selva Alta de Difícil Acceso, Selva Alta Accesible, Selva Baja y Zona Hidromórfica. Se emplea para estimar los incrementos de biomasa.
Biomasa viva en uso inicial – Tierra Forestal, Costa	21.87		MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector UTCUTS año 2016. Sin publicar.	Promedio ponderado de los valores provistos por SERFOR para las Ecozonas de la Costa. Se emplea para estimar los incrementos de biomasa.
Biomasa viva en uso inicial – Tierra Forestal, Sierra	52.87		SERFOR (2019). Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú. Panel 1. Recuperado de: https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2020/03/INFORME-DEL-INFFS-PANEL-1.pdf	Valor nacional para bosques naturales.
Biomasa viva en uso inicial – Pastizales, Amazonía	16.10		Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 6, Cuadro 6.3.	Valor para zona climática tropical húmeda y muy húmeda.
Biomasa viva en uso inicial – Pastizales, Costa y Sierra	8.70			Valor para zona climática tropical seca.
Biomasa viva en uso inicial – Humedales,	0.00		MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de	Se asumió que las reservas de carbono en Asentamientos,

Variable	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
Asentamientos y Otras Tierras			Efecto Invernadero del sector UTCUTS año 2016. Sin publicar.	Humedales y Otras Tierras son iguales a cero.
Reservas de carbono en la madera muerta – Tierra Forestales, Amazonía	8.00	Toneladas carbono por hectárea (t C/ha)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 2, Cuadro 2.2.	Valor para bosque tropical húmedo, todo tipo de vegetación.
Reservas de carbono en la madera muerta – Tierra Forestales, Costa	9.00			Valor para bosque tropical seco, todo tipo de vegetación.
Reservas de carbono en la madera muerta, – Tierras Forestales, Sierra	3.30			Valor para sistemas montañosos tropicales, todo tipo de vegetación.
Reservas de carbono en la hojarasca – Tierras Forestales, Amazonía	5.90			Valor para bosque tropical húmedo, todo tipo de vegetación.
Reservas de carbono en la hojarasca – Tierras Forestales, Costa	2.4			Valor para bosque tropical seco, todo tipo de vegetación.
Tiempo de transición del uso inicial al final para materia orgánica muerta	1.00	Años (año)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 4.	Valor por defecto en nivel 1.
Valor de referencia promedio de las reservas de carbono – Amazonía	45.75	Toneladas de carbono por hectárea (t C/ha)	MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector UTCUTS año 2016. Sin publicar.	Promedio ponderado para en base a las superficies totales a nivel nacional por tipo de suelo y su existencia de carbono por defecto. En Amazonía se identificó suelos AAA, ABA y suelos de humedal. En Costa se identificó suelos arenosos y suelos AAA, mientras que en Sierra solo suelos AAA.
Valor de referencia promedio de las reservas de carbono – Costa	17.71			
Valor de referencia promedio de las reservas de carbono - Sierra	51.00			
Factores de variación de las reservas por uso – Tierras de Cultivo, Amazonía	0.83	Sin dimensión	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5, Cuadro 5.5.	Valor para cultivos de larga duración, tropical, muy húmedo.
Factores de variación de las reservas por uso – Tierras de Cultivo, Costa y Sierra	0.92			Valor para cultivos de larga duración, tropical, seco.
Factores de variación de las reservas por gestión – Tierras de Cultivo, Amazonía	1.10			Valor para gestión sin labranza, tropical, muy húmedo.
Factores de variación de las reservas por gestión – Tierras de Cultivo, Costa y Sierra	1.04			Valor para gestión sin labranza, tropical, muy húmedo.
Factores de variación de las reservas por aporte – Tierras de Cultivo, Amazonía	0.92			Valor para aporte bajo, montañoso tropical.

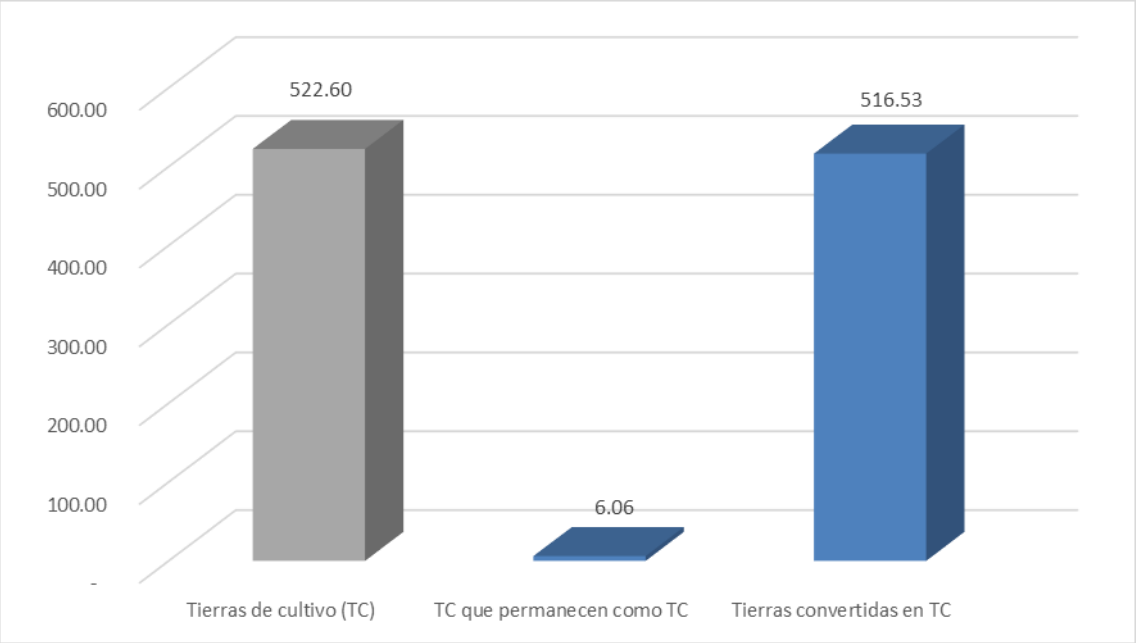
Variable	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
Factores de variación de las reservas por aporte – Tierras de Cultivo, Costa	0.95			Valor para aporte bajo, tropical, muy húmedo.
Factores de variación de las reservas por aporte – Tierras de Cultivo, Sierra	0.94			Valor para aporte bajo, montañoso tropical.
Factores de variación de las reservas: uso, gestión y aporte – Tierra Forestal	1.00		Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5, Cuadro 5.10.	Valores por defecto para bosques gestionados. Se usan los mismos valores para Humedales.
Factores de variación de las reservas: uso, gestión y aporte – Pastizal	1.00		Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 6, Cuadro 6.2.	Valores por defecto para todos los niveles de uso, gestión nominal y aporte medio.
Tiempo de transición del uso inicial al final para suelos minerales	20.00	Años (año)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5.	Periodo de transición por defecto en nivel 1.

Fuente: Elaboración propia.

8.2.2.4. Análisis de resultado

En la categoría tierras de cultivo se ha producido una emisión neta de 522.60 $GgCO_2eq$, que corresponde al 52.22% de las emisiones sectoriales. Este valor, incorpora las emisiones de las tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo, iguales a 6.06 $GgCO_2eq$, y las emisiones de la subcategoría tierras convertidas en tierras de cultivo, iguales a 516.53 $GgCO_2eq$.

Figura 50. Resultados de emisiones y remociones de GEI en tierras de cultivo



Fuente: Elaboración propia

8.2.3. Pastizales

La categoría Pastizales está conformada por los pastizales y las tierras de pastoreo, así como por las tierras con vegetación leñosa y arbustiva que no se consideran nacionalmente como bosque, incluyendo también a los sistemas de silvopastura.

Esta categoría se subdivide en los pastizales que permanecen como pastizales (subcategoría 3B3a), que abarcan todas las pasturas existentes desde hace más de 20 años; y en las tierras convertidas en pastizales (subcategoría 3B3b), que incluyen a las tierras que se transformaron en pastizales en los últimos 20 años.

8.2.3.1. Método de cálculo

En esta categoría se evalúan las emisiones y remociones de carbono generadas por la variación del contenido de carbono en la biomasa viva, materia orgánica muerta y los suelos.

Pastizales que permanecen como pastizales

En los cálculos de pastizales que permanecen como pastizales se han empleado las ecuaciones básicas de nivel 1, basadas en el método de Diferencia de Existencias. Los depósitos no evaluados debido a los supuestos de nivel 1 son:

- Para pastizales que permanecen como pastizales, se asume que no ocurren cambios en la biomasa. No obstante, de disponerse de información sobre cambios en la gestión, sí deben ser contabilizados.
- Asimismo, en pastizales que permanecen como pastizales se establece que la materia muerta y los depósitos de hojarasca están en el equilibrio, por lo que no son evaluados.

Tierras convertidas en pastizales

Para las estimaciones en tierras convertidas en pastizales se emplea una combinación de métodos: nivel 2 para la variación de las reservas de carbono en el depósito de biomasa viva (aérea y subterránea), y nivel 1 para la variación en los depósitos de materia orgánica muerta y suelos minerales. En suelos orgánicos no se pudieron estimar las emisiones por falta de los datos de actividad necesarios.

Se pudo alcanzar el nivel 2 para la biomasa viva por la disponibilidad de las matrices de uso y cambio de uso. El supuesto de cálculo del nivel 2 más importante es:

- La biomasa inmediatamente después de la conversión del uso de la tierra es igual a cero.

Los supuestos de nivel 1 aplicados en las tierras convertidas en pastizales para los demás depósitos son:

- Se asume que no existen reservas de carbono de la materia orgánica muerta en pastizales (uso final) ni en ninguna otra categoría (usos iniciales), excepto en las tierras forestales.
- La materia orgánica de tierras forestales se pierde inmediatamente después de la conversión, por lo que no hay transferencia de carbono entre depósitos.
- La variación del contenido de carbono en la materia orgánica muerta y suelo es lineal durante el periodo de transición de 20 años.

8.2.3.2. Datos de actividad

Pastizales que permanecen como pastizales

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la subcategoría

Tabla 86. Datos de actividad utilizados en la subcategoría pastizales que permanecen como pastizales

Categoría	Fuente / Sumidero	Datos de actividad IPCC	Datos del departamento	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
3B	Tierras					
3B3	Pastizales					
3B3a	Variación anual de las reservas de carbono de suelos minerales	Superficie de pastizales que permanecen como pastizales, por tipos de gestión	Superficie de Pastizales que permanecen como tales, biomas Amazonía, Costa y Sierra, en el periodo 2014-2016	Hectáreas (ha)	MINAM (2020). Desarrollo de Matrices regionales de Uso y Cambio de Uso de la Tierra, del periodo 2014-2016, para 7 regiones del Perú. Trabajo de consultoría.	Reporte de las superficies totales los pastizales que permanecen como pastizales, por bioma. Al no disponerse de información sobre la gestión de los pastizales, se asumió condiciones homogéneas en todas las superficies.

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se presenta las superficies de permanencia en pastizales que corresponden a un periodo de 2 años. Asimismo, se asumió que todos los pastizales se encuentran bajo un mismo tipo de gestión y que este no cambia en el periodo del inventario, ante la falta de información sobre la gestión de los pastizales.

Tabla 87. Superficies de permanencia en pastizales, periodo 2014-2016

Uso inicial	Uso final	Subcategorías de reporte	Superficie (ha)
Pastizales	Pastizales	Amazonía	308,712.21
		Costa	28,382.94
		Sierra	915,507.36
Total			**1,252,602.51**

Fuente: MINAM

Respecto a los suelos orgánicos, no se encontró información sobre pastizales establecidos en suelos orgánicos, por lo que no se estimaron las emisiones de este depósito.

Tierras convertidas en pastizales

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la subcategoría

Tabla 88. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en pastizales

Categoría				Fuente / Sumidero	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3				Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3B			Tierras					
		3B3		Pastizales					
			3B3b	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva	Superficie de Tierras convertidas en Pastizales	Superficie de Tierras convertidas en Pastizales, biomas Amazonía, Costa y Sierra, anualizada al año 2016	Hectáreas (ha)	MINAM (2020). Desarrollo de Matrices regionales de Uso y Cambio de Uso de la Tierra, del periodo 2014-2016, para 7 regiones del Perú. Trabajo de consultoría.	Estimación de las emisiones y absorciones por la variación de las existencias en la biomasa viva.
				Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta debido al cambio de uso de la tierra	Superficie de Tierras convertidas en Pastizales	Superficie de Tierras convertidas en Pastizales, biomas Amazonía, Costa y Sierra, anualizada al año 2016			Estimación de las emisiones y absorciones por la variación de las existencias en la materia orgánica muerta. De acuerdo a los procedimientos en Nivel 1, se debe usar la superficie de cambio del año inventario y no la superficie en transición.
				Variación anual de las reservas de carbono en el suelo debido al cambio de uso de la tierra	Superficie de Tierras convertidas en Pastizales	Superficie de Tierras convertidas en Pastizales, biomas Amazonía, Costa y Sierra, en el periodo 2014-2016			Estimación de las emisiones y absorciones de carbono por la variación de las existencias en el suelo. Las superficies empleadas son del periodo completo (2 años).

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, se presentan las superficies anualizadas de las tierras que se convirtieron en pastizales.

Tabla 89. Superficies de conversión en pastizales anualizadas al 2016

Uso Inicial	Uso final	Subcategoría de reporte	Superficie (ha)
Tierras Forestales	Pastizales	Amazonia	481.41
		Costa	12.65
		Sierra	4.64
Tierras de Cultivo		Amazonia	315.00
		Costa	0.23
		Sierra	170.46
Humedales		Amazonia	-
		Costa	-
		Sierra	-
Asentamientos		Amazonia	29.49
		Costa	-
		Sierra	-
Otras Tierras		Amazonia	-
		Costa	-
		Sierra	-
Total			**1,013.87**

Fuente: Elaboración propia

Las superficies anualizadas se obtuvieron de dividir las superficies de cambio entre el número de años del periodo (2).

8.2.3.3. Factores de emisión

<u>Pastizales que permanecen como pastizales</u>

Los factores de emisión requeridos para la estimación en pastizales que permanecen como pastizales son los siguientes.

Tabla 90. Factores de emisión para pastizales que permanecen como pastizales

Dato	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
Valor de referencia promedio de las reservas de carbono – Amazonía	45.75	Toneladas de carbono por hectárea (t C/ha)	MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector UTCUTS año 2016. Sin publicar.	Promedio ponderado en base a superficie nacional por tipos de suelo y sus existencias de carbono por defecto. En Amazonía se identificó la existencia de suelos AAA, ABA y suelos de humedal. Mientras que en Sierra solo suelos AAA.
Valor de referencia promedio de las reservas de carbono – Costa	17.71			
Valor de referencia promedio de las reservas de carbono – Sierra	51.00			
Factores de variación de las reservas: uso, gestión y aporte – Pastizales	1.00	Sin dimensión	Directrices del IPCC del 2016 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 6, Cuadro 6.2.	Valores por defecto para todos los niveles de uso, gestión nominal y aporte medio.

Fuente. Elaboración propia.

Tierras convertidas en pastizales

Los factores de emisión requeridos para la estimación en tierras convertidas en pastizales los siguientes.

Tabla 91. Factores de emisión para tierras convertidas en pastizales

Dato	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
Fracción de carbono de la materia seca	0.47	Toneladas de carbono por tonelada de materia seca (t C/t m.s.)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 4, Cuadro 4.3.	-
Biomasa en Pastizales luego de 1 año de la conversión – Amazonía	16.1	Toneladas de materia seca por hectárea (t m.s./ha)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 6, Cuadro 6.4.	Valor para zona climática tropical húmedo y muy húmedo, biomasa no leñosa total (aérea y subterránea).
Biomasa en Pastizales luego de 1 año de la conversión – Costa y Sierra	8.70			Valor para zona climática tropical seco, biomasa no leñosa total (aérea y subterránea).
Biomasa viva en uso inicial – Tierra Forestal, Amazonía	309.35	Toneladas de materia seca por hectárea (t m.s./ha)	MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector UTCUTS año 2016. Sin publicar.	En Amazonía, promedio ponderado de los valores provistos por SERFOR para las Ecozonas Selva Alta de Difícil Acceso, Selva Alta Accesible, Selva Baja y Zona Hidromórfica. Se emplea para estimar los incrementos de biomasa. Para Costa y Sierra, valor nacional para bosques naturales.
Biomasa viva en uso inicial – Tierra Forestal, Costa	21.87			
Biomasa viva en uso inicial – Tierra Forestal, Sierra	52.87			
Biomasa viva en uso inicial – Tierras de Cultivo	10.00		Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 5, Cuadro 5.9	Valor para tierra de cultivo anual. Válida para Costa, Sierra y Amazonía.
Biomasa viva en uso inicial – Humedales, Asentamientos y Otras Tierras	0.00		MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector UTCUTS año 2016. Sin publicar.	Se asumió que las reservas de carbono en Asentamientos, Humedales y Otras Tierras son iguales a cero.
Reservas de carbono en la madera muerta – Tierra Forestales, Amazonía	8.00	Toneladas carbono por hectárea (t C/ha)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 2, Cuadro 2.2.	Valor para bosque tropical húmedo, todo tipo de vegetación.
Reservas de carbono en la madera muerta – Tierra Forestales, Costa	9.00			Valor para bosque tropical seco, todo tipo de vegetación.
Reservas de carbono en la madera muerta, – Tierras Forestales, Sierra	3.30			Valor para sistemas montañosos tropicales, todo tipo de vegetación.
Reservas de carbono en la hojarasca – Tierras	5.90			Valor para bosque tropical húmedo, todo

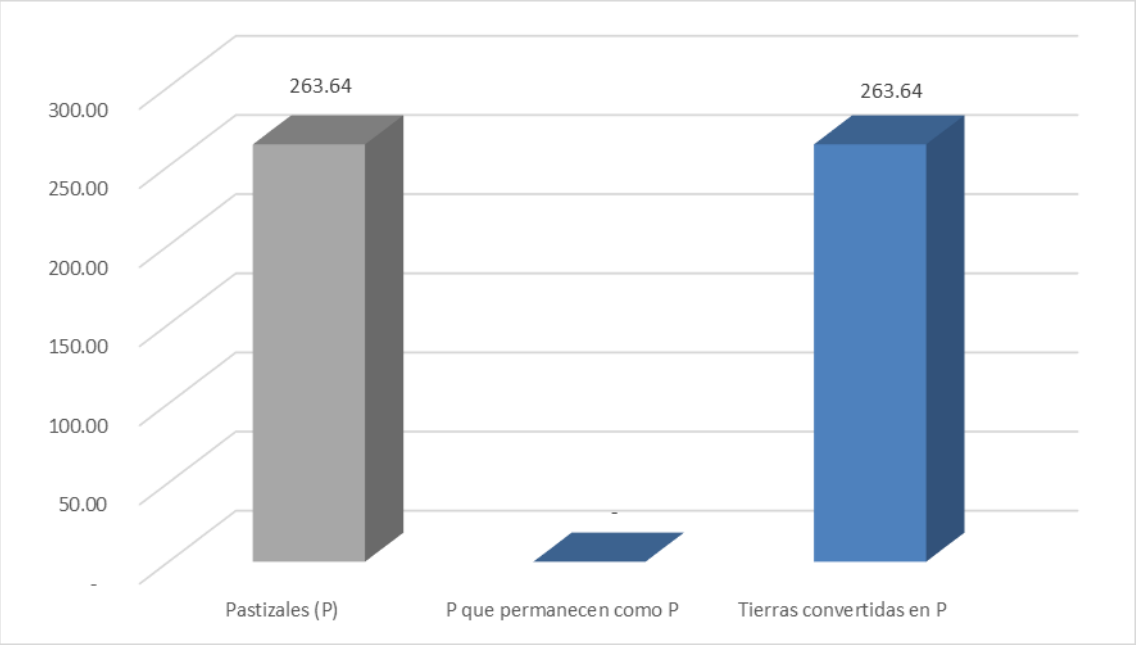
Dato	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
Forestales, Amazonía				tipo de vegetación.
Reservas de carbono en la hojarasca – Tierras Forestales, Costa	2.40			Valor para bosque tropical seco, todo tipo de vegetación.
Tiempo de transición del uso inicial al final para materia orgánica muerta	1.00	Años (año)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 6.	Valor por defecto en nivel 1.
Valor de referencia promedio de las reservas de carbono – Amazonía	45.75	Toneladas de carbono por hectárea (t C/ha)	MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector UTCUTS año 2016. Sin publicar.	Promedio ponderado en base a superficie nacional por tipos de suelo y sus existencias de carbono por defecto. En Amazonía se identificó la existencia de suelos AAA, ABA y suelos de humedal; en Sierra, suelos AAA.
Valor de referencia promedio de las reservas de carbono – Costa	17.71			
Valor de referencia promedio de las reservas de carbono - Sierra	51.00			
Factores de variación de las reservas: uso, gestión y aporte – Tierra Forestal	1.00	Sin dimensión	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5, Cuadro 5.10.	Valores por defecto para bosques gestionados. Se usan los mismos valores para Humedales.
Factores de variación de las reservas por uso – Tierras de Cultivo, Amazonía	0.83		Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5, Cuadro 5.5.	Valor para cultivos de larga duración, tropical, muy húmedo.
Factores de variación de las reservas por uso – Tierras de Cultivo, Costa y Sierra	0.92			Valor para cultivos de larga duración, tropical, muy húmedo.
Factores de variación de las reservas por gestión – Tierras de Cultivo, Amazonía	1.10			Valor para gestión sin labranza, tropical, muy húmedo.
Factores de variación de las reservas por gestión – Tierras de Cultivo, Costa y Sierra	1.04			Valor para gestión sin labranza, tropical, seco.
Factores de variación de las reservas por aporte – Tierras de Cultivo, Amazonía	0.92			Valor para aporte bajo, tropical, muy húmedo.
Factores de variación de las reservas por aporte – Tierras de Cultivo, Costa, Sierra	0.95			Valor para aporte bajo, tropical, seco.
Factores de variación de las reservas: uso, gestión y aporte – Pastizales	1.00		Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 6, Cuadro 6.2.	Valores por defecto para todos los niveles de uso, gestión nominal y aporte medio.
Tiempo de transición del uso inicial al final para suelos minerales	20.00	Años (año)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5.	Periodo de transición por defecto en nivel 1.

Fuente: Elaboración propia. Varias fuentes

8.2.3.4. Análisis de resultado

El resultado total de la categoría Pastizales es igual a 263.64 $GgCO_2eq$ que representa el 26.34% de las emisiones del sector e incluye únicamente a las emisiones generadas en las Tierras convertidas en Pastizales (TP).

Figura 51. Resultados de emisiones y remociones de GEI en pastizales



Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, las emisiones en Pastizales que permanecen como tales se limitan, en Nivel 1, a las emisiones de carbono del suelo por cambio en su gestión. Debido a que no se cuenta con este tipo de información para el nivel nacional y departamental, se asumió un único sistema de gestión de pastizales que no cambia en el tiempo, con lo cual, los resultados son iguales a cero.

8.2.4. Humedales

La subcategoría Humedales está compuesta por las tierras que temporalmente o permanentemente están inundadas y que no han sido consideradas en las categorías anteriores. La categoría también se subdivide en humedales que permanecen como humedales (3B4a), y en tierras convertidas en humedales (3B4b). En ambas subcategorías, se generan emisiones de CO_2 y N_2O principalmente por la extracción de turba y el drenaje de las turberas; por lo que es necesario conocer las superficies afectadas por estas actividades para poder realizar las estimaciones.

Pese a que existen humedales en los tres biomas del país, no existe un registro completo de los mismos, especialmente de su estado de conservación o regímenes de gestión a los que están sometidos. Por ello, hasta el momento no se ha podido evaluar la categoría Humedales en los inventarios nacionales, como tampoco en el presente inventario regional.

8.2.5. Asentamientos

Los Asentamientos comprenden todas las superficies donde existe infraestructura humana, incluidos los asentamientos humanos de todo tamaño. La subcategoría incluye los

asentamientos que permanecen como asentamientos (3B5a) y las tierras convertidas en asentamientos (3B5b).

8.2.5.1. Método de cálculo

En esta categoría se evalúan las emisiones y remociones de carbono generadas por la variación del contenido de carbono en la biomasa viva, materia orgánica muerta y los suelos.

Asentamientos que permanecen como asentamientos

De acuerdo al nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006, no es necesario evaluar la variación de carbono en la biomasa viva, materia orgánica muerta y suelos minerales, por considerar que su contenido de carbono se encuentra en equilibrio. Solo se estiman las evalúan en suelos orgánicos, los cuales no han sido estimados por falta de datos de actividad.

Tierras convertidas en asentamientos

Para estimar la biomasa viva se aplicó un nivel metodológico 2, mientras que para el caso de las existencias de carbono en materia orgánica muerta y materia orgánica del suelo se aplicó el nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

8.2.5.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la subcategoría.

Tabla 92. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en asentamientos

Categoría				Fuente / Sumidero	Datos de actividad IPCC	Datos utilizados	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3				Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3B			Tierra					
		3B5		Asentamientos					
			3B5b	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva	Superficie de Tierras convertidas en Asentamientos	Superficie de Tierras convertidas en Asentamientos, biomas Amazonia, sierra y Costa, anualizada al año 2016	Hectáreas (ha)	MINAM (2020). Desarrollo de Matrices regionales de Uso y Cambio de Uso de la Tierra, del periodo 2014-2016, para 7 regiones del Perú. Trabajo de consultoría.	Estimación de las emisiones y absorciones por la variación de las existencias en la biomasa viva.
				Variación anual de las reservas de carbono en la materia orgánica muerta debido al cambio de uso de la tierra	Superficie de Tierras convertidas en Asentamientos	Superficie de Tierras convertidas en Asentamientos, biomas Amazonía, Sierra y Costa, anualizada al año 2016			Estimación de las emisiones y absorciones por la variación de las existencias en la materia orgánica muerta.
				Variación anual de las reservas de carbono en el suelo debido al cambio de uso de la tierra	Superficie de Tierras convertidas en Asentamientos	Superficie de Tierras convertidas en Asentamientos, biomas Amazonía, Sierra y Costa, en el periodo 2014-2016			Estimación de las emisiones y absorciones de carbono por la variación de las existencias en el suelo. Las superficies empleadas del periodo completo (2 años).

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, se presentan las superficies anualizadas de las tierras que se convirtieron en asentamientos.

Tabla 93. Superficies de conversión en asentamientos anualizadas al 2016

Uso Inicial	Uso final	Subcategoría de reporte	Superficie (ha)
Tierras Forestales	Asentamientos	Amazonia	-
		Costa	-
		Sierra	-
Tierras de Cultivo		Amazonia	-
		Costa	-
		Sierra	32.45
Pastizales		Amazonia	-
		Costa	-
		Sierra	33.03
Humedales		Amazonia	-
		Costa	-
		Sierra	-
Otras Tierras		Amazonia	-
		Costa	-
		Sierra	-
Total			**65.48**

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia, todas las conversiones hacia Asentamientos sucedieron en los biomas Costa y Sierra, por lo que puede deberse a la expansión de zonas urbanas.

8.2.5.3. Factores de emisión y conversión

<u>Tierras convertidas en asentamientos</u>

Los factores de emisión requeridos para la estimación en tierras convertidas en otras tierras son los siguientes.

Tabla 94. Factores de emisión para tierras convertidas en asentamientos

Dato	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
Fracción de carbono de la materia seca	0.47	Toneladas de carbono por tonelada de materia seca (t C/t m.s.)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 4, Cuadro 4.3.	-
Biomasa en Asentamientos luego de 1 año de la conversión – Costa y Sierra	0.00	Toneladas de materia seca por hectárea (t m.s./ha)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 8, Página 8.20.	Valor por defecto en Nivel 1.
Biomasa viva en uso inicial – Tierra Forestal, Amazonía	309.35	Toneladas de materia seca por hectárea (t m.s./ha)	MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector UTCUTS año 2016. Sin publicar.	Promedio ponderado de los valores provistos por SERFOR para las Ecozonas Selva Alta de Difícil Acceso, Selva Alta Accesible, Selva Baja y Zona Hidromórfica. Se emplea para estimar los

Dato	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
				incrementos de biomasa.
Biomasa viva en uso inicial – Tierra Forestal, Costa	21.87			Valor nacional para bosques naturales.
Biomasa viva en uso inicial – Tierras Forestales, Costa y Sierra	52.87			
Biomasa viva en uso inicial – Tierras de Cultivo	10.00		Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 5, Cuadro 5.9	Valor para tierra de cultivo anual. Válida para Costa, Sierra y Amazonía.
Biomasa viva en uso inicial – Pastizales, Amazonía	16.1		Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 6, Cuadro 6.4.	Valor para zona climática tropical húmedo y muy húmedo, biomasa no leñosa total (aérea y subterránea).
Biomasa viva en uso inicial – Pastizales, Costa y Sierra	8.70			Valor para zona climática tropical seco, biomasa no leñosa total (aérea y subterránea).
Biomasa viva en uso inicial – Humedales y Otras Tierras	0.00		MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector UTCUTS año 2016. Sin publicar.	Se asumió que las reservas de carbono en Humedales y Otras Tierras son iguales a cero.
Reservas de carbono en la madera muerta – Tierra Forestales, Amazonia	8.00	Toneladas carbono por hectárea (t C/ha)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 2, Cuadro 2.2.	Valor para bosque tropical húmedo, todo tipo de vegetación.
Reservas de carbono en la madera muerta – Tierra Forestales, Sierra	3.30			Valor para sistemas montañosos tropicales, todo tipo de vegetación.
Reservas de carbono en la hojarasca – Tierras Forestales, Costa	2.40			Valor para bosque tropical seco, todo tipo de vegetación.
Reservas de carbono en la madera muerta y hojarasca – tierras no forestales	0.00		Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 6.	Valor por defecto en Nivel 1. Se asume que no hay acumulación de MOM en usos diferentes a las Tierras Forestales.
Tiempo de transición del uso inicial al final para materia orgánica muerta	1.00	Años (año)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 6.	Valor por defecto en Nivel 1.
Valor de referencia promedio de las reservas de carbono – Amazonía	45.75	Toneladas de carbono por hectárea (t C/ha)	MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector UTCUTS año 2016. Sin publicar.	Promedio ponderado en base a superficie nacional por tipos de suelo y sus existencias de carbono por defecto. En Costa se identificó la existencia de suelos arenosos y suelos AAA, mientras que en Sierra solo estos últimos.
Valor de referencia promedio de las reservas de carbono – Costa	17.71			
Valor de referencia promedio de las reservas de carbono – Sierra	51.00			
Factores de variación de las reservas: uso, gestión y aporte – Tierra Forestal	1.00	Sin dimensión	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5,	Valores por defecto para bosques gestionados. Se usan los mismos valores

Dato	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
			Cuadro 5.10.	para Humedales.
Factores de variación de las reservas por gestión – Tierras de Cultivo, Amazonía	1.10		Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5, Cuadro 5.5.	Valor para gestión sin labranza, tropical, muy húmedo.
Factores de variación de las reservas por uso – Tierras de Cultivo, Costa y Sierra	0.92			Valor para cultivos de larga duración, tropical, seco.
Factores de variación de las reservas por gestión – Tierras de Cultivo, Amazonía	1.10			Valor para gestión sin labranza, tropical, muy húmedo.
Factores de variación de las reservas por gestión – Tierras de Cultivo, Costa y Sierra	1.04			Valor para gestión sin labranza, tropical, seco.
Factores de variación de las reservas por aporte – Tierras de Cultivo, Amazonía	0.92			Valor para aporte bajo, tropical, muy húmedo.
Factores de variación de las reservas por aporte – Tierras de Cultivo, Costa y Sierra	0.94			Valor para aporte bajo, tropical, seco.
Factores de variación de las reservas: uso, gestión y aporte – Pastizales	1.00		Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 6, Cuadro 6.2.	Valores por defecto para todos los niveles de uso, gestión nominal y aporte medio.
Tiempo de transición del uso inicial al final para suelos minerales	20.00	Años (año)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5.	Periodo de transición por defecto en Nivel 1.

Fuente: Elaboración propia.

8.2.5.4. Análisis de resultados

Los resultados de la categoría Asentamiento sólo comprenden a las emisiones de la subcategoría Tierras convertidas en Asentamientos (TAT), que son iguales a 1.68 $GgCO_2eq$. Su contribución a los resultados sectoriales es de un 0.40%.

8.2.6. Otras tierras

Otras tierras están compuestas por todas las superficies que no califican en las cinco categorías de uso anteriores, y están descubiertas de vegetación, como los suelos desnudos, arenas, roca, hielo, etc. Se subdivide en otras tierras que permanecen como otras tierras (3B6a), y en Tierras convertidas en otras tierras (3B6b).

En esta categoría se evalúan las emisiones y remociones de carbono generadas por la variación del contenido de carbono en la biomasa viva, materia orgánica muerta y los suelos en l

Para el año 2016, no ocurrieron emisiones en otras tierras, ya que no se produjeron conversiones hacia esta categoría de la tierra durante el periodo analizado.

8.3. Fuentes agregadas y fuentes de emisiones no-CO_2 de la tierra

8.3.1. Quema de biomasa en tierras forestales

<u>Emisiones por quema de biomasa en tierras forestales</u>

Esta subcategoría abarca las emisiones de gases no-CO_2, como el CH_4 y N_2O, generados por los incendios forestales.

8.3.1.1. Método de cálculo

Las estimaciones de las emisiones de CH_4 y N_2O por la quema de biomasa en tierras forestales (3C1a) se realizan aplicando el método de cálculo de nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

8.3.1.2. . Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de la subcategoría

Tabla 95. Datos de actividad utilizados en la subcategoría quema de biomasa en tierras forestales

Categoría				Fuente / Sumidero	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3				Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3C			Fuentes Agregadas y Fuentes de emisión No-CO_2 de la Tierra s					
		3C1		Quema de biomasa					
			3C1a	Quema de biomasa en tierras forestales	Superficies forestales afectadas por otras pérdidas	Superficie quemada en bosques de la Amazonía, por Ecozona, en el año 2016	Hectáreas (ha)	MINAM (2021). Reporte de superficies quemadas en bosques de la Amazonía peruana, año 2016. En proceso de validación	Estimación de las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O por incendios forestales, solo de la parte amazónica del departamento

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la información sobre superficies afectadas por incendios forestales, solo se evalúan los incendios forestales en la Amazonía, debido a que no se cuenta con información de incendios forestales en Costa y Sierra.

Tabla 96. Superficie de bosques amazónicos quemados en Cajamarca, año 2016

Ecozona	Selva Alta Accesible	Selva Alta de Difícil Acceso	Selva Baja	Zona Hidromórfica
	Ha			
Cajamarca	146.43	8.82	NA	NA

NA: No aplica
Fuente: MINAM 2021

8.3.1.3. Factores de emisión y conversión

Los factores de emisión empleados para esta subcategoría, se muestran a continuación.

Tabla 97. Factores de emisión para quema de biomasa en tierras forestales

Factor	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
Biomasa aérea en áreas	166.45	Toneladas	Servicio Nacional	Valores nacionales para

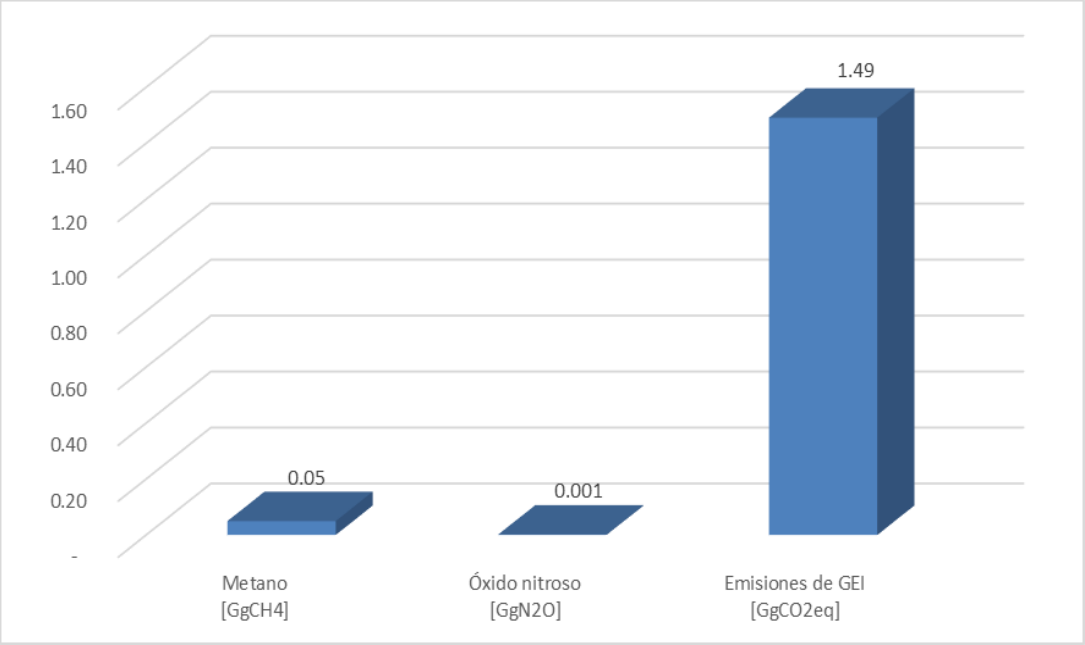
Factor	Valor	Unidad	Fuente de información	Observación
afectadas – Selva Alta de Difícil Acceso		de materia seca por hectárea (t m.s./ha)	Forestal y de Fauna Silvestre. (2019). Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú. Panel 1.	bosques naturales. Se emplean en los cálculos de pérdidas de carbono y emisión de otros GEI por efecto de los incendios forestales.
Biomasa aérea en áreas afectadas – Selva Alta Accesible	145.39			
Relación raíz/vástago – Amazonía	0.267	Toneladas de materia seca de biomasa subterránea por toneladas de materia seca de biomasa aérea (t m.s. BGB/t m.s. AGB)	MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector UTCUTS año 2016.	Valor nacional estimado como el promedio ponderado de los valores de las Ecozonas de Amazonía, de acuerdo a los resultados de SERFOR.
Relación raíz/vástago – Selva Alta de Difícil Acceso	0.279			Valor estimado para cada Ecozona en base a los resultados de SERFOR. Se emplean en el cálculo de emisiones de otros GEI (CH_4 y N_2O) causadas por los incendios forestales.
Relación raíz/vástago – Selva Alta Accesible	0.283			
Relación raíz/vástago – Selva Baja	0.262			
Factor de combustión	0.32	Sin dimensión	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 2, Cuadro 2.6.	Valor por defecto en nivel 1.
Factor de emisión de CH_4	6.80	Gramos de GEI por kilogramos de materia seca quemada (g GEI/Kg m.s. quemada)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 2, Cuadro 2.5.	Valores por defecto en nivel 1. También se estiman las emisiones de CO y NO_X aunque luego no se suman a los resultados totales.
Factor de emisión de N_2O	0.20			

Fuente: Elaboración propia

8.3.1.4. Análisis de resultados

Las emisiones de metano y óxido nitroso por la quema de biomasa en tierras forestales son iguales a 0.05 $GgCH_4$ y 0.001 GgN_2O que equivalen a 1.49 $GgCO_2eq$, representando el 0.15% de las emisiones del sector.

Figura 52. Emisiones de GEI generados por la quema de biomasa en tierras forestales, año 2016



Fuente: Elaboración propia

9. RESULTADOS DEL SECTOR DESECHOS

El sector Desechos aborda las emisiones de GEI procedentes de las categorías de: eliminación de desechos sólidos (4A), tratamiento biológico de los desechos sólidos (4B), incineración e incineración abierta de desechos (4C), tratamiento y eliminación de aguas residuales (4D) y otros (4E), tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 98. Categoría de emisiones y gases generados

Codificación			Descripción	Categorías IPCC	GEI generados y precursores
4			**Sector**	**Desechos**	
	4A		**Categoría**	**Eliminación de desechos sólidos**	
		4A1	Subcategoría	Sitios de eliminación de desechos gestionados	CH_4, N_2O, NOx, CO, COVDM, SO_2
		4A2	Subcategoría	Sitios de eliminación de desechos no gestionados	
		4A3	Subcategoría	Sitios de eliminación de desechos no categorizados	
	4B		**Categoría**	**Tratamiento biológico de los desechos sólidos**	CH_4, N_2O
	4C		**Categoría**	**Incineración e incineración abierta de desechos**	
		4C1	Subcategoría	Incineración de desechos	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, COVDM
		4C2	Subcategoría	Incineración abierta de desechos	
	4D		**Categoría**	**Tratamiento y eliminación de aguas residuales**	
		4D1	Subcategoría	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH_4, N_2O, NOx, CO, COVDM
		4D2	Subcategoría	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	
	4E		**Categoría**	**Otros**	CO_2, CH_4, N_2O, NOx, CO, COVDM

Fuente: Elaboración propia

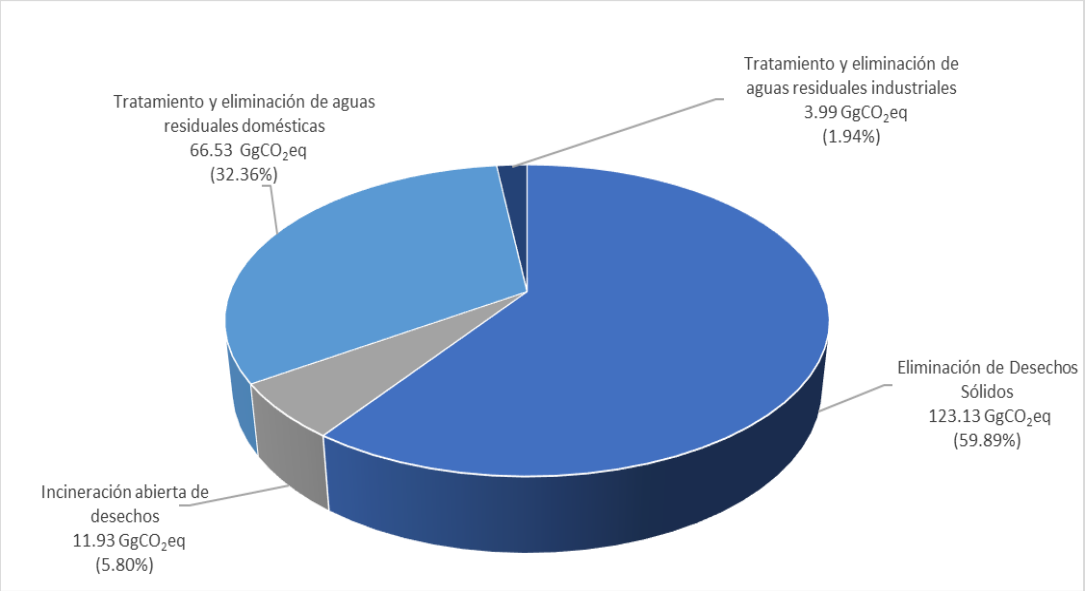
9.1. Análisis del resultado sectorial

Las emisiones de GEI que se reporta en este sector corresponden a la categoría de eliminación de desechos sólidos (4A), incineración e incineración abierta de los desechos sólidos (4C) y tratamiento y eliminación de aguas residuales (4D). Las emisiones provenientes de tratamiento biológico de los desechos sólidos (4B) y otros (4E), no han sido reportadas debido a que no se contó con información sobre la ocurrencia de las actividades asociadas a estas categorías, en el departamento de Cajamarca para el año 2016.

En el año 2016, las emisiones de GEI de este sector corresponden a Eliminación de desechos sólidos (59.89%), la incineración abierta de desechos sólidos (5.80%), el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas (32.36%) y el tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales (1.94%).

En la siguiente figura, se muestra la distribución de las emisiones de GEI por categorías:

Figura 53. Distribución de GEI de las emisiones del Sector Desechos



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la siguiente tabla se presenta los resultados de las emisiones de GEI del sector en unidades de $GgCO_2eq$:

Tabla 99. Resultados de emisiones de GEI del sector Desechos - eliminación de desechos sólidos

Clasificación	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones CO_2 ($GgCO_2$)	Emisiones CH_4 ($GgCO_2eq$)	Emisiones N_2O ($GgCO_2eq$)	Emisiones totales de GEI ($GgCO_2eq$)
4	**DESECHOS**	**8.60**	**176.14**	**20.83**	**205.58**
4A	Eliminación de Desechos Sólidos		123.13		123.13
4C	Incineración e incineración abierta de desechos sólidos	8.60	2.59	0.73	11.93
4C2	Incineración abierta de desechos	8.60	2.59	0.73	11.93
4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales		50.42	20.10	70.52
4D1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas		46.43	20.10	66.53
4D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		3.99		3.99

Fuente: Elaboración propia

9.2. Eliminación de desechos sólidos

Las emisiones de GEI procedentes de la Eliminación de Desechos Sólidos son producto de la descomposición anaeróbica de los residuos sólidos orgánicos en rellenos sanitarios o áreas degradadas por residuos sólidos.

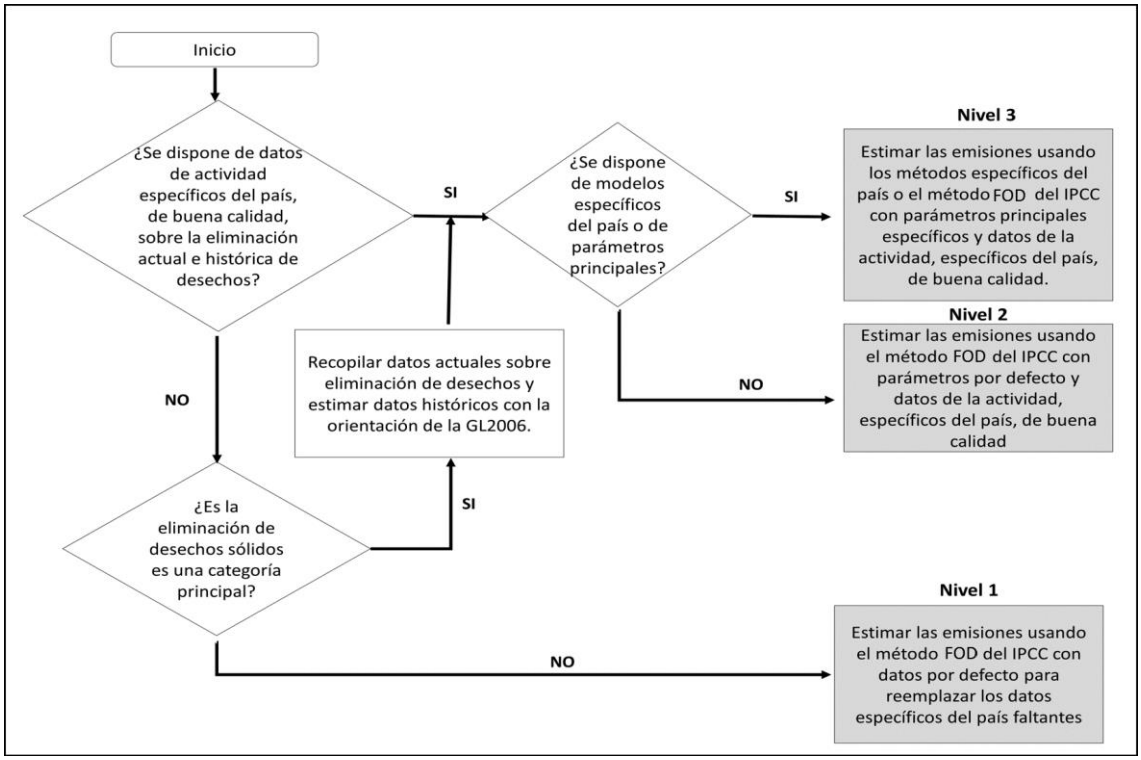
9.2.1. Método de cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones aplicando el método de descomposición de primer orden (FOD, por sus siglas en inglés) del IPCC con datos por defecto para reemplazar los datos específicos del país.
- Nivel 2: Estima las emisiones usando el método FOD del IPCC con parámetros por defecto y datos de actividad, específicos del país de buena calidad.
- Nivel 3: Estima las emisiones usando los métodos específicos del país o el método FOD del IPCC con parámetros principales y datos de actividad específicos del país de buena calidad.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones de CH_4 procedentes de sitios de eliminación de desechos sólidos.

Figura 54. Árbol de decisión para para estimar las emisiones de CH_4 procedentes de la eliminación de desechos sólidos



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Figura 3.1. Pág. 3.8

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- A nivel Departamental existe información sobre la disposición final de residuos sólidos para el año base 2016.
- No se cuenta con modelos específicos ni con parámetros específicos para la región ni para el país.

Por lo anterior, para estimar las emisiones de metano de esta subcategoría, se aplicó el método del nivel 1, es decir el método de Descomposición de Primer Orden (FOD por sus siglas en inglés).

Sobre el modelo o software denominado **"Modelo de desechos del IPCC"**, es importante mencionar que el IPCC lo ha desarrollado a fin de facilitar la aplicación de las ecuaciones del método FOD del IPCC.

El modelo mantiene un valor total actualizado de la cantidad de Compuesto Orgánico Degradable (COD) descompuesto en el sitio de eliminación, que da cuenta de la cantidad depositada cada año y de la cantidad restante de los años anteriores. Con esto último, se calcula la cantidad de COD que se descompone en CH_4 y CO_2 cada año.

En dicho modelo, se debe incluir información generada en el país sobre datos de actividad y parámetros específicos. Sin embargo, en caso no se posea dicha información, como es el caso de la región, el modelo permite escoger los valores por defecto dados por las Directrices del IPCC de 2006.

Finalmente, con todos los datos ingresados al modelo, éste calcula la cantidad de CH_4 generada a partir del carbono orgánico disuelto depositado (CODm) y resta el CH_4 recuperado y el CH_4 oxidado en el material de cobertura y produce como resultado la cantidad de CH_4 emitido.

9.2.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de esta categoría.

Tabla 100. Datos de actividad utilizados en la categoría eliminación de desechos sólidos

Clasificación		Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información
		Desechos				
4	4A	Eliminación de desechos sólidos	Generación de residuos sólidos totales	Proyección de Población total	Personas	Información proporcionada por el INEI a la DGRS MINAM para la elaboración de los datos de generación nacional de residuos sólidos municipales. Disponible en el archivo "Población total Cajamarca 2010 - 2016.xls"
				Distribución de cantidad de residuos sólidos municipales y no municipales de acuerdo con su gestión	-	(1) MINAM - DGRS, 2019. Información de GPC Nacional proporcionada por la DGRS MINAM. Disponible en el archivo "Generación de RRSS Municipales 2010-2016.xls" (2) MINAM, 2020 - Valorización de RS Municipales Cajamarca 2014 -2016.xls (3) Categoría 4C2 incineración a cielo abierto de Cajamarca. Archivo "4C Desechos_Cajamarca.xls" Hoja de cálculo IP-RRSS Incinerados, celda P95.
				Generación per cápita anual	kg/hab/año	MINAM - DGRS, 2019. Información de GPC Nacional proporcionada por la DGRS MINAM. Disponible en el archivo "Generación de RRSS Municipales 2010-2016.xls"
				Composición de desechos	% según tipo de residuo	(1) Composición Nacional 1960-2009.xls (2) Ministerio del Ambiente - Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos - Composición RRSS Municipales Cajamarca 2014-2016.xls

Fuente: Elaboración propia

a) Población total de 1950 – 2016

Las estimaciones de GEI de esta categoría para el año 2016, se basan en la generación total de residuos sólidos a nivel Departamental, es decir abarcan tanto zonas urbanas como rurales. Es por ello, que el dato utilizado es la población total Departamental.

De acuerdo con el método FOD del IPCC se requiere información de población total desde el año 1950. Esta información se ha tomado de las proyecciones y estimaciones de población Departamentales realizadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) quien posee datos de población a nivel Departamental de los años: 2010, 2012, 2014, 2015 y 2016.

La información faltante durante el periodo de 2010 al 2016 se obtuvo mediante la técnica de empalme de interpolación[18] y la información faltante del año 1950 a 2009 se obtuvo mediante la técnica de empalme de extrapolación[19]. Ambas técnicas son descritas en las Directrices del IPCC de 2006 y se utilizan siempre que se vea que existe una tendencia estable en la serie y cuando se prevé que los datos a estimar tendrán un comportamiento similar como es el caso del crecimiento de la población.

b) Distribución de la cantidad de residuos sólidos municipales y no municipales de acuerdo con su gestión

La distribución de la cantidad de residuos sólidos municipales y no municipales de acuerdo con su gestión permite asegurar que el 100% de los residuos sólidos generados hayan sido considerados en las categorías que comprenden el presente inventario y se describe a continuación:

Tabla 101. Actividades realizadas en el marco de la gestión de residuos sólidos municipales en Cajamarca

N°	AÑO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	GPC Municipal kg/hab/día (1)	0.694	0.701	0.709	0.717	0.724	0.826	0.693
	GPC Municipal kg/hab/año	253.1863164	255.9526142	258.7189121	261.5440396	264.3691671	301.4410623	253.0852862
	Población total	894,568	904,151	913,734	923,742	933,749	943,839	954,024
	Generación RSM Total t/año	226,492.38	231,419.81	236,400.27	241,599.08	246,854.45	284,511.83	241,449.44
	A relleno sanitario t/año (2)	-	-	-	-	-	-	76,334.58
	% Gestionado	-	-	-	-	-	0.00%	31.62%
2	Recuperación de RSM reportada t/año (3)	-	-	-	-	555.48	62.97	271.89
	% RSM inorgánicos recuperados	-	-	-	-	0.23%	0.02%	0.11%
3	RSM aprovechados en zona rural (orgánico y follaje) t/año (4)	-	-	-	-	-	-	25,886.85
	% RSM orgánicos recuperados	-	-	-	-	-	-	10.72%
4	RSM incinerados t/año (4)	-	-	-	-	-	-	21,310.59
	% RSM incinerados	-	-	-	-	-	-	8.83%
5	RSM dispuestos en áreas degradas	226,492.38	231,419.81	236,400.27	241,599.08	246,298.97	284,448.87	117,645.51

[18] Directrices del IPCC de 2006. Volumen 1. Orientación General y reportes Capítulo 5. Consistencia de la serie temporal. Sección 5.3.3.3 Pág. 5.11. Disponible en https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_5_Ch5_Timeseries.pdf

[19] Directrices del IPCC de 2006. Volumen 1. Orientación General y reportes Capítulo 5. Consistencia de la serie temporal. Sección 5.3.3.3 Pág. 5.12. Disponible en https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_5_Ch5_Timeseries.pdf

N°	AÑO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	(botaderos) No Categorizado t/año							
	% No categorizado	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.77%	99.98%	48.72%
	Verificación	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Fuentes:
(1) MINAM – DGRS (2019). Datos obtenidos de los reportes anuales años 2014 al 2016 de las municipalidades en el SIGERSOL Municipal
(2) MINAM (2020). Disposición final de residuos sólidos municipales del año 2018. Disponible en el libro Excel denominado "Disposición final 2016.xls"
(3) MINAM (2020). Valorización de residuos sólidos municipales de los años 2014, 2015 y 2016. Disponible en el archivo comprimido denominado "Valorización de RS Municipales 2014 -2016.rar"
(4) Libro Excel de cálculo de emisiones de GEI de la Categoría 4C2 incineración a cielo abierto de la región denominado "4C Desechos_Cajamarca.xls" - Hojas de cálculo "InfoProc RRSS Incinerados 2016".

Respecto a la tabla anterior se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Dado que no se cuenta con información departamental sobre la generación de residuos sólidos ni la GPC desde el año 1950 al 2009, se asume que, la GPC para ese periodo es la misma que el año 2010, considerando que, es el año más cercano con información obtenido de la DGRS - MINAM. A partir del año 2010, la DGRS MINAM comenzó a recopilar datos representativos sobre la gestión de residuos sólidos como: GPC, composición, recolección, recuperación y disposición final, entre otros, es por ello, que se cuenta con mayor información para los años en adelante.
- La recuperación de residuos sólidos refiere principalmente a residuos sólidos inorgánicos aprovechados, los cuales fueron reportados al MINAM por las municipalidades en el marco del programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal a partir del año 2014.
- Los residuos sólidos aprovechados se refieren a la cantidad de residuos sólidos que se recuperan en las zonas rurales con menos de 10,000 habitantes, donde se asume que los residuos orgánicos son aprovechados como alimento de los animales y los residuos de madera y follaje son recuperados como leña para la cocina. Estas son prácticas comunes en las zonas rurales en Perú. Esta información fue calculada para el año 2016, para años anteriores, no se dispone de esta información.
- La información sobre incineración de residuos sólidos se estimó para la categoría 4C que también se reporta en el presente informe. Cuenta con sustento específico sobre la GPC rural, composición y disposición final a nivel departamental.

c) Generación per cápita de desechos sólidos municipales

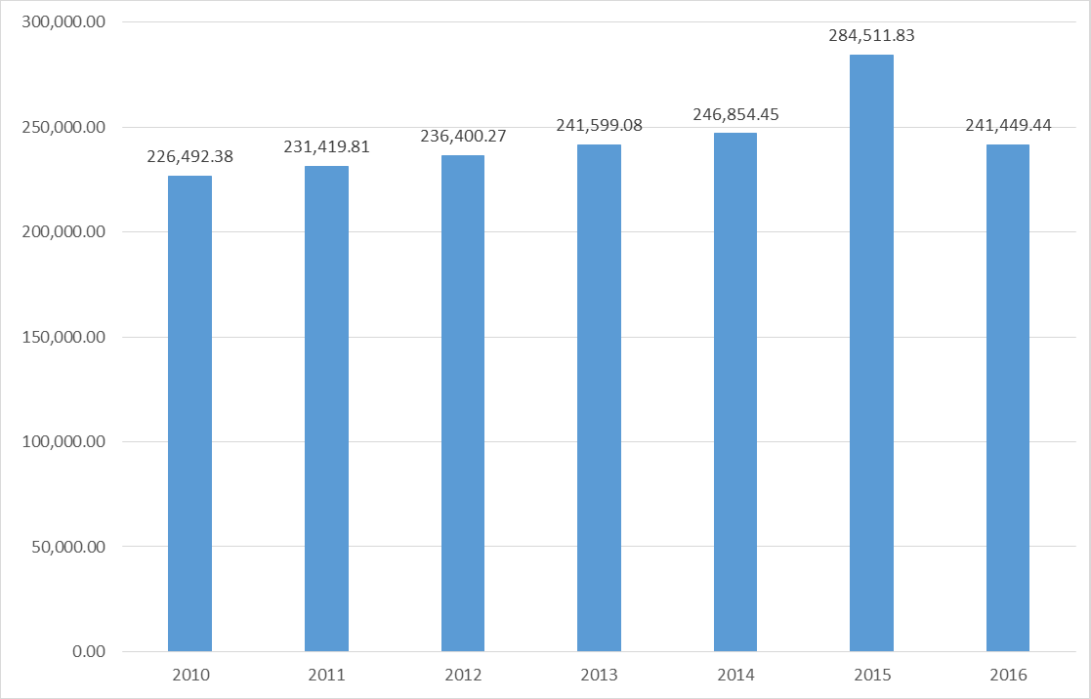
La generación per cápita de residuos sólidos municipales fue proporcionada por la Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos del MINAM, el cual fue calculado en base a la información sobre gestión de residuos sólidos municipales reportado por las municipalidades en el SIGERSOL, en el marco del programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal.

Tabla 102. Generación per cápita de desechos sólidos municipales

Año	GPC kg/hab/día
2010	0.69
2011	0.70
2012	0.71
2013	0.72
2014	0.72
2015	0.83
2016	0.69

Fuente: SIGERSOL – MINAM

Figura 55. Evolución de la generación de desechos sólidos municipales en Cajamarca



Fuente: Planilla de cálculo de la Eliminación de desechos (4A) del IRGEI de Cajamarca

Cabe mencionar que el MINAM posee información de la gestión de residuos sólidos a nivel nacional desde el año 2010 y a partir del año 2014 esta información se considera completa, respecto a los datos anteriores, debido a la cantidad de reportes recibidos en el SIGERSOL.

Dado que para el periodo de los años 1950 – 2009 no se cuenta con información de la generación per cápita de desechos sólidos municipales, para dicho periodo, se mantuvo constante el valor de GPC del año 2010. Para estimar la generación de residuos sólidos anuales únicamente se multiplicó la GPC por la población total Departamental y por 365 días que tiene un año.

Es preciso señalar que, para las estimaciones de GEI de esta categoría, no se están considerando los residuos sólidos no municipales, ya que esta información no se encuentra disponible a nivel nacional ni Departamental.

Esta información se recopilará por MINAM a partir del año 2019 con la implementación de la nueva Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, la cual insta a las empresas operadoras de residuos sólidos a reportar datos sobre la gestión de residuos sólidos no municipales. Por lo pronto, estos valores de generación han sido considerados nulos.

d) Composición de desechos

Del mismo modo, el MINAM posee una base de datos sobre la composición de desechos a nivel Departamental desde el año 2010 en adelante, siendo los datos de mejor calidad, a partir del año 2014 por lo siguiente: i) la cantidad de reportes presentado por los municipios al SIGERSOL, ii) los procedimientos de control de calidad para corregir la información errada; y iii) la aplicación de una metodología que permite completar la información faltante.

La información de la composición de desechos sólidos para el periodo 1950 - 2009 ha sido tomada de la herramienta de cálculo de emisiones de GEI del tratamiento de residuos sólidos municipales en Perú, desarrollada en el marco de la NAMA de Residuos Sólidos en el año 2014 y los datos de composición del 2010 – 2016 fueron tomados del SIGERSOL.

En la siguiente tabla se muestra la composición de desechos sólidos municipales para el año 2016. Cabe resaltar que la composición de desechos sólidos varía de acuerdo con la información que se registra anualmente en el SIGERSOL.

Tabla 103. Composición de residuos sólidos municipales para el año 2016

Año	Alimentos	Jardín	Papel	Madera	Textiles	Residuos Sanitarios	Plásticos y otros inertes	Total
	%	%	%	%	%	%	%	(=100%)
2016	57%	2%	6%	0%	1%	9%	25%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SIGERSOL – MINAM

9.2.3. Factores de emisión y conversión

Los factores de emisión para estimar las emisiones de la categoría eliminación de desechos sólidos corresponden a los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, los cuales se listan a continuación:

Tabla 104. Factores de emisión y conversión utilizados para estimación de emisiones de la categoría Eliminación de Desechos Sólidos

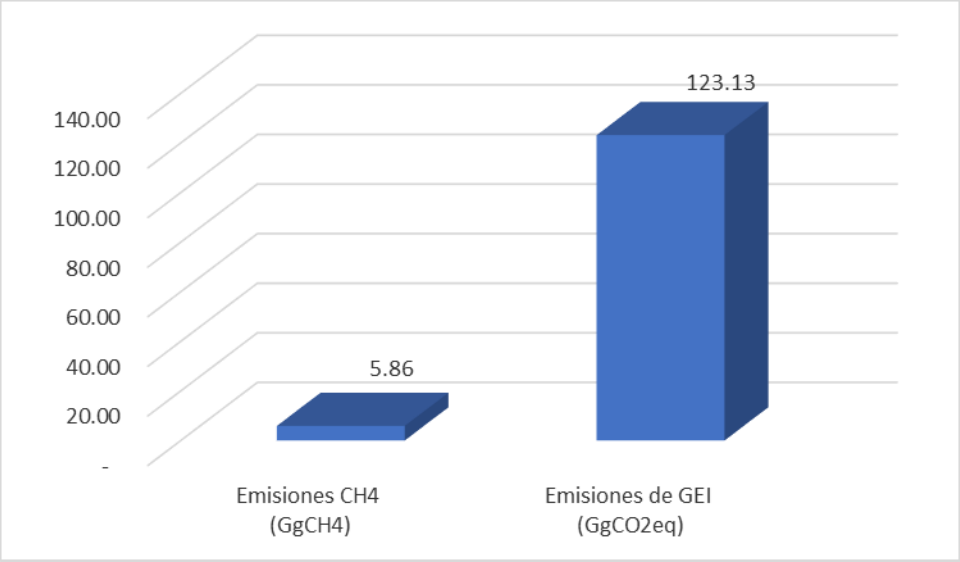
Clasificación	Fuente de emisión	Factor de conversión	calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información
4A	Eliminación de desechos sólidos	Factor de Corrección de Metano	varios	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Pág. 3.15
		Fracción de Carbono Orgánico Degradable (COD)	varios	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Pág. 3.14
		Fracción del Carbono Orgánico Degradable que se descompone (CODf)	0.5	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Pág. 3.14
		Fracción de CH_4 en el gas de vertedero	0.5	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Pág. 3.16
		Factor de oxidación (OX)	0	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Pág. 3.17

Fuente: Elaboración propia

9.2.4. Análisis de resultados

Las emisiones de metano por la eliminación de desechos sólidos son iguales a 5.86 $GgCH_4$ que equivale a 123.13 $GgCO_2eq$, representando el 59.89% de las emisiones del sector.

Figura 56. Emisiones de GEI generados por la eliminación de desechos sólidos, año 2016



Fuente: Elaboración propia

9.3. Incineración e incineración abierta de desechos

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, la categoría Incineración e Incineración abierta de desechos se divide en dos subcategorías: Incineración (4C1) e Incineración abierta de desechos (4C2).

El presente IRGEI reporta solo la estimación de emisiones de la subcategoría 4C2 debido a que no se cuenta con información relacionada a la incineración controlada de desechos, referida por ejemplo a la quema de residuos sólidos peligrosos en los hospitales.

Las emisiones de GEI procedentes de la incineración abierta de desechos son producto de la combustión de materiales combustibles no deseados, tales como papel, madera, plástico, textiles, caucho, desechos de aceites y otros residuos al aire libre o en vertederos abiertos, donde el humo y otras emisiones se liberan directamente al aire, sin pasar por una chimenea.

9.3.1. Método de cálculo

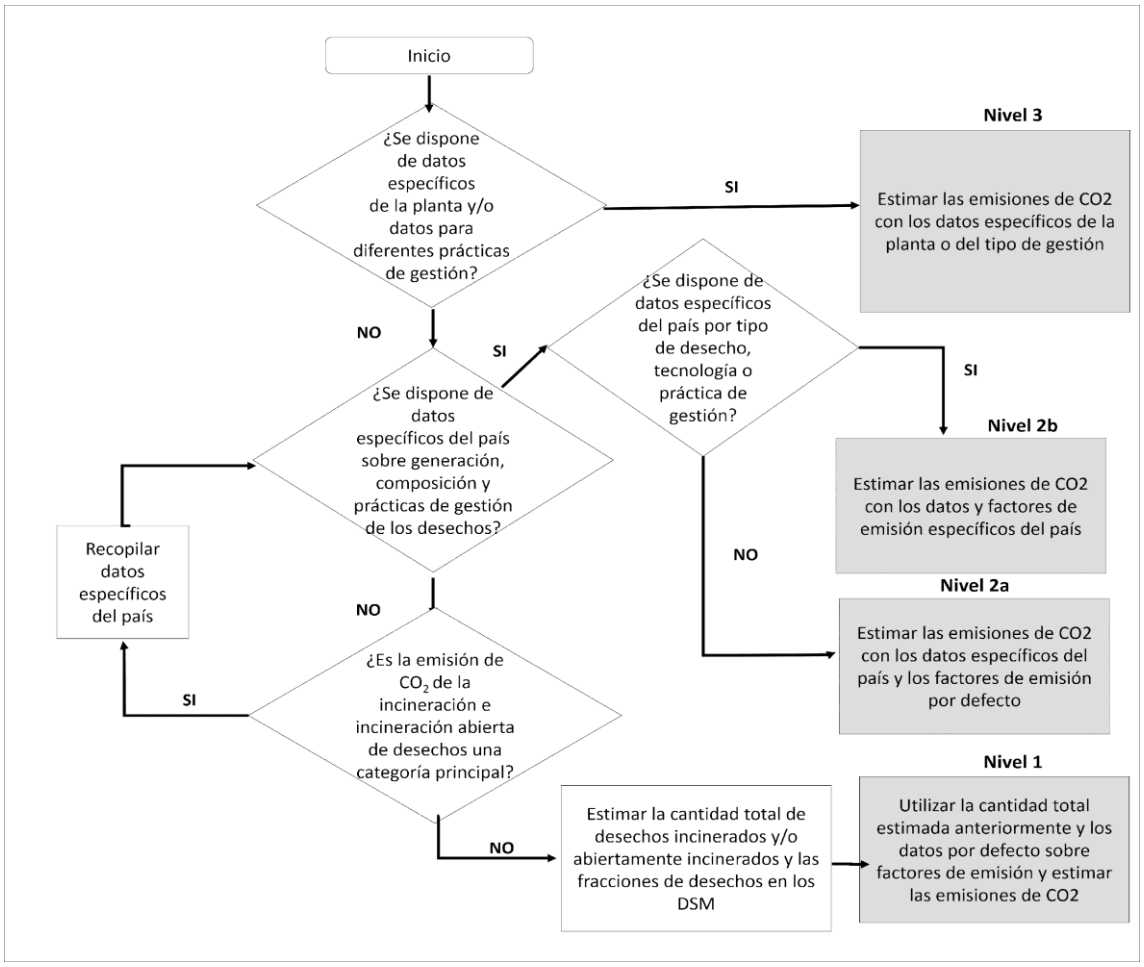
Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles (el segundo nivel sub divido en 2) de cálculo para estimar las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), y tres niveles para el cálculo de metano y óxido nitroso (CH_4 y N_2O), cuyas características se describen a continuación:

<u>Para las emisiones de CO_2</u>

- Nivel 1: Estima las emisiones a partir de cantidades de desechos incinerados y utiliza los valores por defecto sobre factores de emisión.
- Nivel 2:
  - Nivel 2A: Estima las emisiones a partir de datos específicos del país y los factores de emisión por defecto.
  - Nivel 2b: Estima las emisiones a partir de datos y factores de emisión específicos del país.
- Nivel 3: Estima las emisiones a partir de datos específicos de la planta.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones de CO_2 de la quema a cielo abierto de desechos.

Figura 57. Árbol de decisión para las emisiones de CO_2 procedentes de la incineración e incineración abierta de desechos



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 5, Figura 5.1, Pág. 5.10

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- A nivel nacional se cuenta con información sobre la cantidad total de residuos sólidos incinerados
- No se cuenta con información específica del país, por tipo de desechos, tecnología o práctica de gestión.

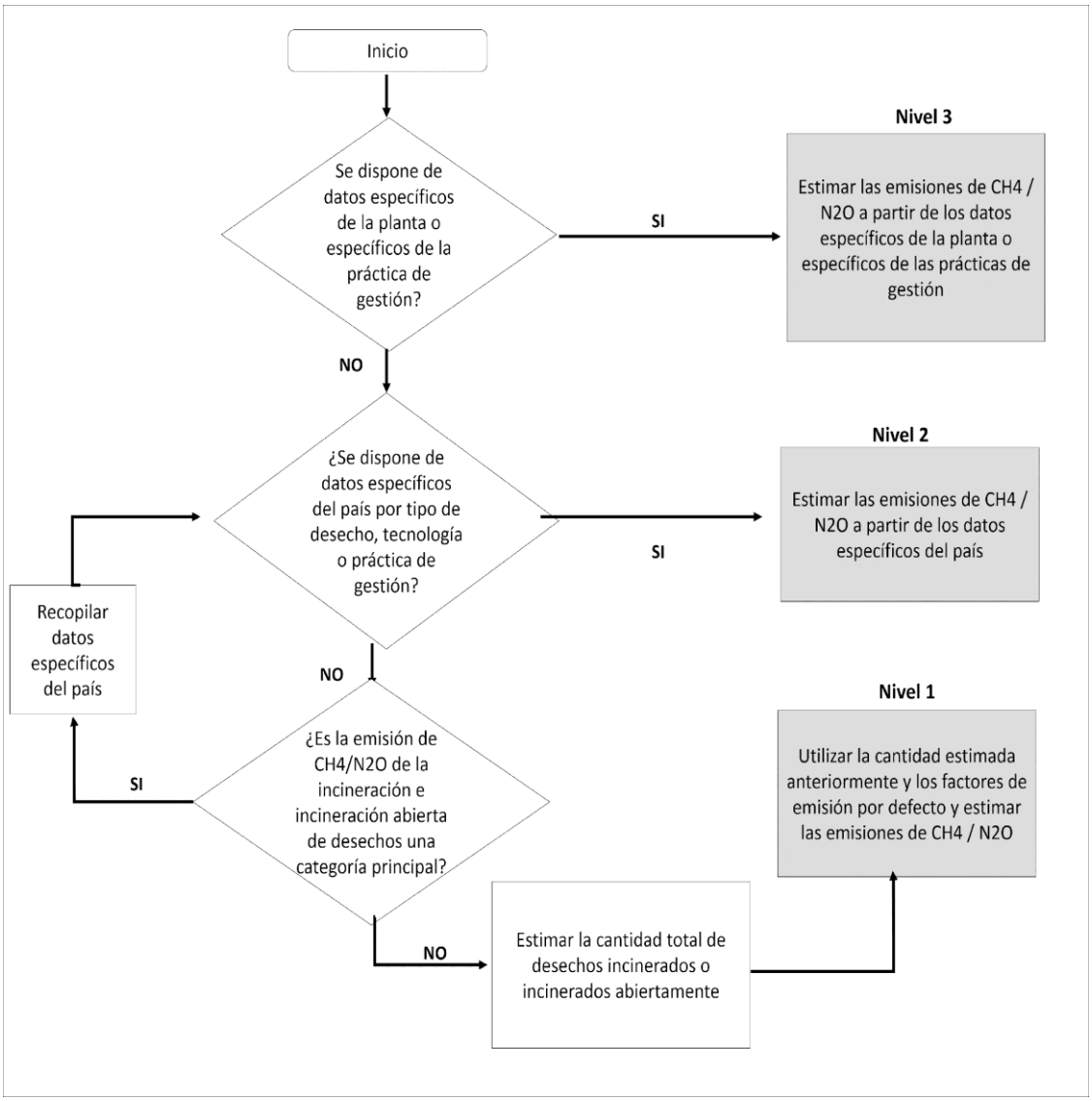
Por lo anterior, para estimar las emisiones de dióxido de carbono de esta subcategoría, se aplicó el método del nivel 1.

<u>Para las emisiones de CH_4 y N_2O</u>

- Nivel 1: Estima las emisiones a partir de cantidades de desechos incinerados y utiliza los valores por defecto de la metodología.
- Nivel 2: Estima las emisiones a partir de cantidades de desechos incinerados y datos específicos del país.
- Nivel 3: Estima las emisiones a partir de datos específicos de la planta.

La siguiente figura muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones de CH_4 y N_2O de la quema a cielo abierto de desechos.

Figura 58. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH_4 y N_2O procedentes de la incineración e incineración abierta de desechos



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 5, Figura 5.2, Pág. 5.13

Para el análisis del árbol de decisiones se consideró lo siguiente:

- A nivel nacional se cuenta con información sobre la cantidad total de residuos sólidos incinerados.
- No se cuenta con información específica del país, por tipo de desechos, tecnología o práctica de gestión.

Por lo anterior, para estimar las emisiones de metano y óxido nitroso de esta subcategoría, se aplicó el método del nivel 1.

9.3.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de esta subcategoría.

Tabla 105. Datos de actividad utilizados en la subcategoría de Incineración Abierta de Desechos Sólidos

Clasificación	Fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información
4	**Desechos**				
4C	Incineración e incineración abierta de desechos				
4C2	Incineración abierta de desechos	Cantidad total de desechos sólidos de tipo i (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta	Cantidad de Residuos Sólidos Incinerados a Cielo Abierto	Gg/año	Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos - Ministerio del Ambiente "Pob, GPC y Comp Rural Cajamarca 2016.xls"
			Población Rural que incinera residuos sólidos	Habitantes	
			Generación per cápita rural según distrito y región geográfica	kg/hab/día	
			Composición de desechos	% según tipo de residuo	
			Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos	-	Dirección General de Gestión de Residuos Sóldios - Ministerio del Ambiente "Disposición Final Cajamarca 2016.xls"
			Fracción de la población que quema desechos	-	Valor calculado en base a la Base de datos proporcionada por la DGRS - MINAM en el archivo "Pob, GPC y Comp Rural Cajamarca 2016.xls"

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describe las consideraciones de la información mencionada en la tabla anterior:

a) Población

La generación de residuos sólidos rurales está directamente relacionada con la población. Para el caso de incineración abierta, se asume que la incineración de los residuos sólidos es una práctica común de la población rural, debido a que no cuentan con un servicio de recolección eficiente. Por lo tanto, para esta subcategoría, la población rural es el dato de actividad utilizado en las estimaciones.

El INEI reporta información sobre población rural para el año 2016 y es una información disponible en la base de datos que posee el MINAM donde se realiza el cálculo de la generación de residuos sólidos rurales.

Para el año 2016 la población rural fue de 85,434 habitantes[20].

b) Cantidad de residuos sólidos incinerados a cielo abierto

La Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos del MINAM registra información sobre la generación per cápita rural a partir del año 2014 en adelante mediante el SIGERSOL. En base a esta información y a la población rural, se estimó la generación de desechos sólidos en zonas rurales, sin servicio de recolección.

La tasa de generación per cápita (GPC) promedio de las zonas rurales para el 2016 en el departamento se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 106. GPC promedio rural

Año	GPC promedio (kg/hab/día)
2016	0.42

Fuente: SIGERSOL - MINAM

La tasa de generación utilizada es específica para el área rural, y existen por tanto diferencias entre los valores utilizados en las categorías 4A (total nacional) y 4C (exclusivamente rural).

A las cantidades de desechos generadas por la población rural se le descontó el porcentaje de desechos reutilizados[21], también proporcionado por el MINAM. El total generado sustrayendo las cantidades reutilizadas nos permite obtener las cantidades de desechos quemadas a cielo abierto. Utilizando información sobre la composición de desechos (véase tabla más abajo), se obtiene el total incinerado por tipo de desecho.

Tabla 107. Total de residuos sólidos incinerados (t/año)

Año	Total de residuos incinerados considerados en el cálculo (t/año)
2016	21,310.59

Fuente: Elaboración propia

c) Composición de desechos

El MINAM posee una base de datos sobre la composición de desechos a nivel Departamental desde el año 2010 en adelante, siendo los datos de mejor calidad a partir del año 2014 por lo siguiente: i) la cantidad de reportes presentado por los municipios al SIGERSOL, ii) los procedimientos de control de calidad para corregir la información errada; y la aplicación de una metodología que permite completar la información faltante.

En la siguiente tabla se muestra la composición de desechos sólidos municipales para zonas rurales del año 2016 en la región. Cabe resaltar que la composición de desechos sólidos varía de acuerdo con la información que se registra anualmente en el SIGERSOL.

Tabla 108. Composición de desechos sólidos en zonas rurales en la región

Composición	%
Materia Orgánica	51.32%
Madera follaje	3.27%
Papel	3.34%
Cartón	3.20%
Vidrio	2.66%

[20] Para efectos del cálculo, se ha considerado únicamente aquellas poblaciones con menos de 10 000 habitantes ya que, de acuerdo con el juicio de experto, son aquellas que practican la quema de desechos sólidos a cielo abierto.

[21] Se considera que los residuos sólidos orgánicos son destinados a los animales como alimento y los restos de follaje y madera son aprovechados como leña. Ello debido a que es una práctica común en las zonas rurales del Perú

Composición	%
PET	3.33%
Plástico Duro	2.42%
Bolsas	4.77%
Metales	2.31%
Telas	1.26%
Cuero, caucho, jebe	0.98%
Pilas	0.33%
Restos de medicinas y focos	0.50%
Residuos sanitarios	7.40%
Material inerte	7.71%
Tetrabrik	0.81%
Otros	4.38%
TOTAL	**100.00%**

Fuente: SIGERSOL – MINAM

Cabe resaltar que esta composición de desechos sólidos en zonas rurales permitió conocer la cantidad de materia orgánica generada y la cantidad de madera y follaje generado. Al respecto, se asumió que la materia orgánica generada era utilizada como alimento a los animales mientras que la madera y follaje generado son quemadas como leña, dado que se considera que es una práctica común a nivel nacional en zonas rurales.

d) Sitios de disposición final de residuos sólidos

Para aquellos distritos que no se tenía certeza de la existencia de un sitio de disposición final (relleno sanitario o botadero), se asumió que estos incineraban sus desechos sólidos.

El MINAM sólo cuenta con información de los sitios de disposición final de residuos sólidos para el año 2018, por lo que se asumió que esta información se mantiene constante para el año 2016.

En el departamento de Cajamarca solo se encontró un relleno sanitario para el año 2016.

9.3.3. Factores de emisión y conversión

Los factores de emisión para estimar las emisiones de esta subcategoría corresponden a los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, los cuales se listan a continuación:

Tabla 109. Factores de emisión y conversión utilizados para estimación de emisiones de la Incineración Abierta de Desechos Sólidos

Clasificación	Fuente de emisión	Factor de conversión	Calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información
	Incineración abierta de desechos	Contenido de materia seca en los desechos (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, (fracción)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 2: Datos de generación, composición y gestión de desechos Cuadro 2.4 Pág. 2.15
		Fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total), (fracción)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 2: Datos de generación, composición y gestión de desechos Cuadro 2.4 Pág.2.15
		Fracción de carbono fósil en el carbono total, (fracción)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 2: Datos de generación, composición y gestión de

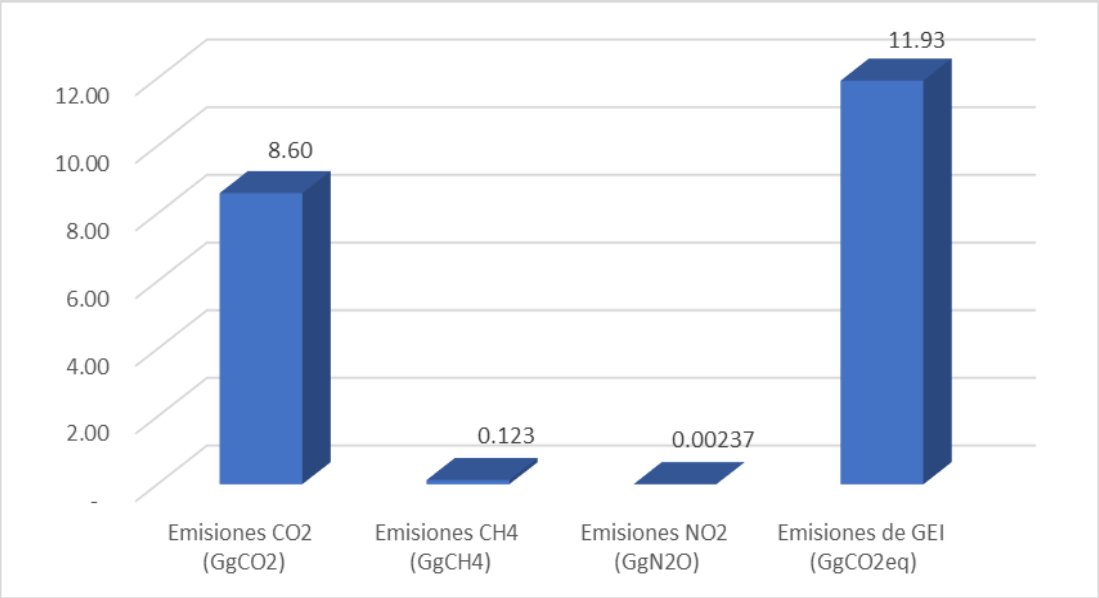
Clasificación	Fuente de emisión	Factor de conversión	Calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información
				desechos Cuadro 2.4 Pág.2.15
		Factor de oxidación, (fracción)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos Cuadro 5.2 Pág. 5.20
		Factor de emisión de CH_4 agregado, kg. de CH_4/Gg de desechos	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos. Factores de emisión de CH_4 – Pág. 5.22
		Factor de emisión de N_2O (kg. de N_2O/Gg de desechos)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos. Cuadro 5.6- Pág. 5.24

Fuente: Elaboración propia

9.3.4. Análisis de resultados

Las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso por la incineración abierta de desechos sólidos fueron de 8.60 CO_2, 0.12 $GgCH_4$ y 0.002 GgN_2O que equivalen a 11.93 $GgCO_2eq$, representando el 5.80% de las emisiones del sector.

Figura 59. Emisiones de GEI generados por la incineración abierta de desechos sólidos, año 2016



Fuente: Elaboración propia

9.4. Tratamiento y eliminación de aguas residuales

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, la categoría tratamiento y eliminación de aguas residuales se divide en dos subcategorías: Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas (4D1) y Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales (4D2).

9.4.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas

9.4.1.1. Método de cálculo

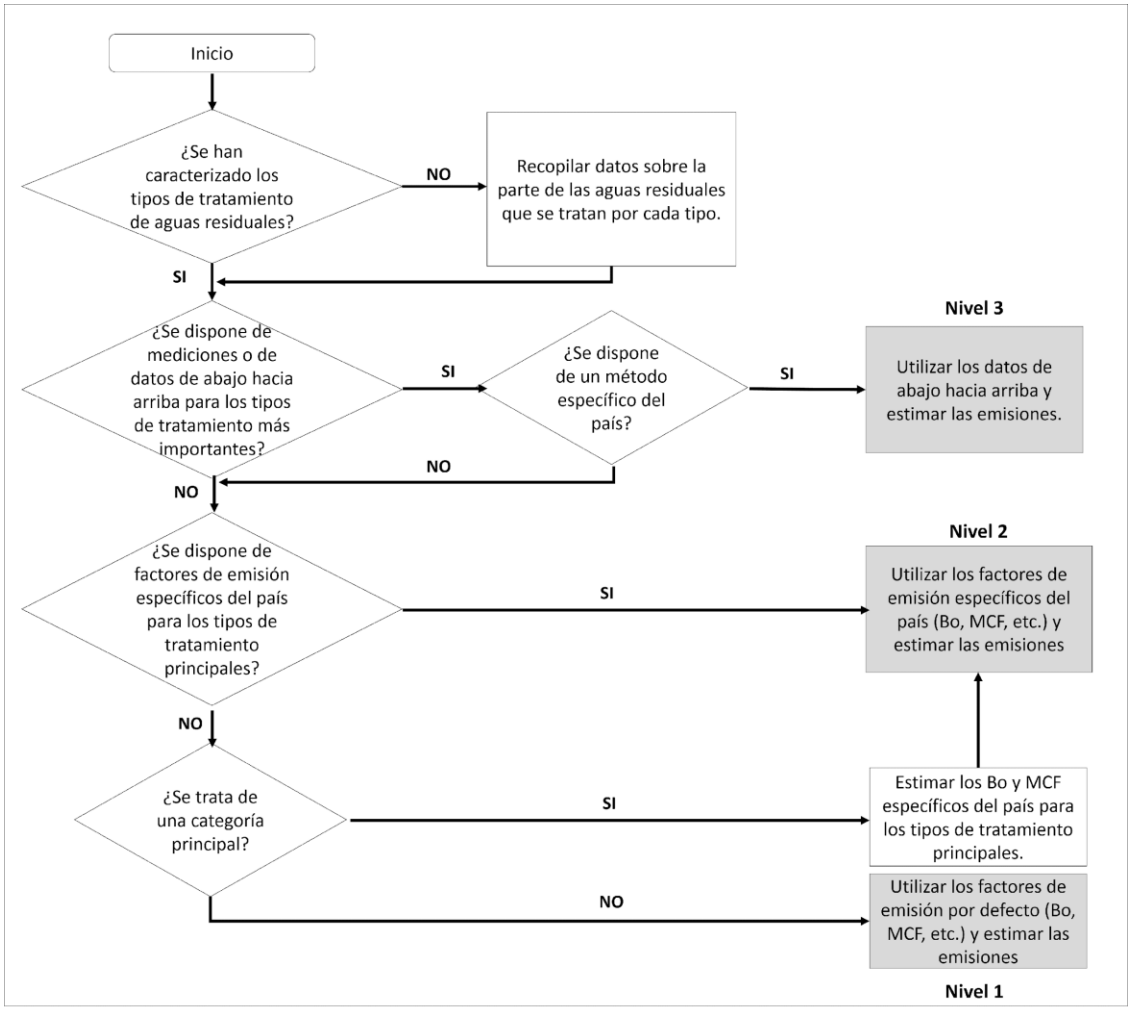
Las Directrices del IPCC de 2006 establecen tres niveles de cálculo para estimar las emisiones de metano (CH_4); y orientaciones de buena práctica para estimar las emisiones de óxido nitroso (N_2O).

Para las emisiones de CH_4

- Nivel 1: Estima las emisiones a partir de datos de tratamiento y eliminación de aguas residuales y utiliza valores por defecto de la metodología.
- Nivel 2: Estima las emisiones a partir datos de tratamiento y eliminación de aguas residuales y datos específicos del país.
- Nivel 3: Estima las emisiones a partir de datos específicos por planta de tratamiento de aguas residuales y valores propios del país.

La siguiente figura muestra el árbol de decisión de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones de CH_4 procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas.

Figura 60. Árbol de decisión para las emisiones de CH_4 procedentes de las aguas residuales domésticas



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Pág. 6.10

Para el análisis del árbol de decisiones se consideró lo siguiente:

- Se cuenta con información sobre los tipos de tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas a nivel Departamental.

- No existe información específica de cada planta de tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas para la estimación de las emisiones de GEI, principalmente el volumen de agua tratado por cada tipo de tratamiento.
- No se dispone de factores de emisión específicos para cada tipo de tratamiento de aguas residuales domésticas en el país.
- Las emisiones de esta categoría no son consideradas principales.

Por lo anterior, para estimar las emisiones de metano de esta subcategoría, se aplicó el método del nivel 1.

Para las emisiones de N_2O

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, se considera una buena práctica realizar la estimación de estas emisiones indirectas de N_2O derivadas de efluentes de tratamiento de aguas residuales domésticas que se eliminan en medios acuáticos aplicando la metodología indicada en ellas.

Por lo anterior, la ecuación aplicada para estimar las emisiones de óxido nitroso es la N° 6.7 de las Directrices del IPCC de 2006:

Ecuación 6.7. Emisiones de N_2O procedentes de las aguas residuales domésticas

$$\text{Emisiones de } N_2O = N_{EFLUENTE} \times EF_{EFLUENTE} \times 44/28$$

Donde:

N_2O	=	emisiones de N_2O durante el año del inventario (kg N_2O/año)
$N_{EFLUENTE}$	=	Nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, kg N/año
$EF_{EFLUENTE}$	=	Factor de emisión para las emisiones de N_2O procedentes de la eliminación en aguas residuales, kg N_2O/kg N
44/28	=	Conversión de kg de N_2O-N en Kg de N_2O

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capitulo 6 Ecuación 6.7, Pág. 6.25

9.4.1.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de esta sub categoría.

Tabla 110. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas

Clasificación	Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de Información
4	**Desechos**				
4D	Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales				
4D1	Tratamiento y Eliminación de Aguas residuales domésticas				
4D1a	Emisiones de metano	Población humana	Población total, urbana y rural	personas	Información proporcionada por el INEI a la DGRS MINAM para la elaboración de los datos de generación nacional de residuos sólidos municipales. Disponible en el archivo Población total Cajamarca 2010-2016.xls
			Población con alcantarillado	personas	SUNASS (2017). Benchmarking Regulatorio de las Empresas Prestadoras. Población con alcantarillado para el año 2016. Archivo "Benchmarking EPS 2016.xls"
			Población con cobertura de disposición sanitaria de excretas	personas	INEI (2019). Encuesta Nacional de Programas Presupuestales. Boletín Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico. Pag 48 Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf y en el archivo "Encuesta Nacional de Programas Presupuestales INEI.xls"
		DBO por persona	DBO_5	g/hab.día	MVCS (2020). Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural 2018 - 2020, Disponible en el archivo "Sistemas de eliminación de excretas - Vivienda 2018 - 2020. xls"
		Fracción del grupo de ingresos de la población (U)	NE		
		Grado de utilización del sistema de tratamiento y/o eliminación (Ti,j)	Aguas residuales domésticas tratadas y eliminadas por tipo de tratamiento	-	SUNASS (2020). Gerencia de Supervisión y Fiscalización de SUNASS. Tipo de PTAR, volumen recolectado de ARD y volumen tratado de ARD. Archivo "PTARs Cajamarca 2016.xls"
				-	MVCS (2020). Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural 2018 - 2020, Disponible en el archivo "Sistemas de eliminación de excretas - Vivienda 2018 - 2020. xls"
				m3	SUNASS (2020). Gerencia de Supervisión y Fiscalización de SUNASS. Tipo de PTAR, volumen recolectado de ARD y volumen tratado de ARD. Archivo "PTARs Cajamarca 2016.xls"
		Factor de	Factor de	-	**Dato de actividad directo:**

Clasificación			Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de Información
				corrección para DBO industrial adicional eliminado en alcantarillas (I)	corrección para DBO industrial adicional eliminado en alcantarillas (I)		Directrices del IPCC del 2006. Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales Ecuación 6.3, pág. 6.14.
				Sistema de tratamiento de los lodos empleados para las aguas residuales domésticas	NE		
				Fracción de los lodos tratados por el sistema de tratamiento (%)	NE		
				Metano Recuperado y/o quemado en antorcha (kg de CH_4)	NO		
		4D1b	Emisiones de óxido nitroso	Población (cifra)	Población total	personas	Información proporcionada por el INEI a la DGRS MINAM para la elaboración de los datos de generación nacional de residuos sólidos municipales. Disponible en el archivo Población total Cajamarca 2010-2016.xls
				Consumo anual de proteína per-cápita	Consumo total de proteínas 2007	kg/persona/año	FAO (2011). Perfil de País: Indicadores de Seguridad Alimentaria. Recuperado de: http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/food_security_statistics/country_profiles/esp/Peru_S.pdf

Fuente: Elaboración propia

a) Población total, urbana y rural

Con el objetivo de cumplir con lo establecido en las Directrices del IPCC de 2006 donde se insta a la estimación de las emisiones nacionales teniendo en cuenta la población total nacional, para el caso de las estimación en el departamento de Cajamarca, se ha obtenido datos de población a nivel Departamental del año 2016 del INEI, entidad que reportó los datos exactos para la región a la Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos del MINAM es por lo que se está utilizando la misma información de población que para la categoría 4A.

Tabla 111. Fuente de información de población Departamental 2016

Año	Población total del departamento		
	Total	URBANA	RURAL
2016	1,533,783	532,654	1,001,129

Fuente: INEI – Elaboración propia

b) Sistemas de descarga, tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas

En línea con las Directrices del IPCC de 2006, las emisiones de metano en el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas deben incluir las emisiones generadas en todos los tipos de descargas y tipos de tratamientos llevados a cabo en la región. Así, las estimaciones de esta fuente emisora considerarían las aguas descargadas a cuerpos de aguas naturales, las aguas recolectadas en alcantarillado y no tratadas y las aguas recolectadas y tratadas en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

La fuente primaria de información del tratamiento de las aguas residuales domésticas en el país es la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) y para el caso de Cajamarca se obtuvo la siguiente información:

Tabla 112. Gestión de las aguas residuales domésticas en el departamento de Cajamarca

EPS	Población administrada	% Cobertura de alcantarillado	Población con alcantarillado	Volumen recolectado de ARD (m^3)	Volumen total tratado de ARD (m^3)
SEDACAJ S.A.	196,663	85%	167,910.87	6,569,002.35	-
EPS MARAÑON S.R.L	97,511	66%	64,591.29	6,679,017.16	5,626,022
TOTAL	**294,174**		**232,502**	**13,248,020**	**5,626,022**

Fuente: SUNASS – Elaboración propia

De acuerdo con dicha información se observa que existe tratamiento de aguas residuales domésticas realizada por la EPS MARAÑÓN para el año 2016 y de acuerdo con SUNASS estas aguas residuales domésticas son tratadas con dos lagunas facultativas y una laguna aireada, las cuales, mediante juicio de experto, son consideradas como lagunas anaeróbicas poco profundas de acuerdo con la clasificación de tipos de tratamiento de las Directrices del IPCC 2006.

De otro lado para conocer los tipos de disposición sanitaria de excretas en la zona rural y su participación en la cantidad de aguas residuales domésticas rurales dispuestas y considerando que esta información no se cuenta a nivel departamental, se recurrió a la información de ratios nacionales proporcionados por la Oficina General de Estadística e Informática del MVCS, quienes proporcionaron información sobre el porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural para los años 2018, 2019 y 2020.

Tabla 113. Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural

Año	Con eliminación de excretas	Con Sistema Alcantarillado Con PTAR	Con Sistema Alcantarillado Sin PTAR	Con USB Tanque Séptico	Con UBS Tanque Séptico Mejorado	Con UBS Compostera Doble Cámara	Con UBS Compostaje Continuo	Con Hoyo Seco Ventilado	Otro	Sin eliminación de excretas
2018	37.8%	13.9%	7.7%	4.5%	3.0%	0.8%	0.2%	5.9%	1.8%	62.2%
2019	48.1%	19.3%	10.8%	5.0%	3.9%	1.1%	0.3%	5.4%	2.4%	51.9%
2020	42.3%	16.0%	8.0%	5.1%	4.1%	1.1%	0.3%	5.4%	2.5%	57.7%

Fuente: MVCS (2020). Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural 2018 – 2020, Disponible en el archivo "Sistemas de eliminación de excretas – Vivienda 2018 – 2020. xls"

Dado que la información del año más reciente y disponible corresponde al año 2018, los porcentajes de disposición sanitaria de excretas para el año 2018 se han mantenido constante para toda la serie temporal, como supuesto simplificador que permita estimar valores aproximados atribuibles a la población rural con cobertura de disposición sanitaria de excretas

Respecto a la población rural que posee un sistema de eliminación de excretas se ha considerado la ratio de población rural con cobertura de disposición sanitaria de excretas del INEI[22] que indica un valor del 17% del total de la población rural.

[22] Encuesta Nacional de Programas Presupuestales. Boletín Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico. Pag 48. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf

c) **Consumo de proteína:**

Ante la falta de información nacional sobre el consumo de proteína en el país, la FAO representa una fuente oficial de información Departamental relevante que detalla información para el Perú de manera específica y es la que se está tomando para Cajamarca.

La última información disponible del consumo de proteína per cápita de la FAO data del año 2007 y por ser el último año con información disponible, se asume que se mantiene constante hasta el año 2016.

Tabla 114. Datos de actividad para la estimación de emisiones de N_2O en aguas residuales domésticas

Año	Consumo de proteína per cápita (kg/habitante/año)
2007	24.455
2016	24.455

Fuente: Elaboración propia

9.4.1.3. Factores de emisión

Los factores de emisión para estimar las emisiones de esta subcategoría corresponden a los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, los cuales se dividen en factores para metano y factores para óxido nitroso y se listan a continuación:

Tabla 115. Parámetros por defecto utilizados en la estimación de las emisiones de metano de aguas residuales domésticas

Fuente de emisión	Factor	Valor	Unidad	Fuente de información
Emisiones de metano	Factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en alcantarillas	1	Adimensional	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.3, Pág. 6.14.
	Factor de Corrección de Metano por sistema de tratamiento y eliminación	Varios	Adimensional	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Tabla 6.3, Pág. 6.13.
	Capacidad máxima de producción de metano para las aguas residuales (kg CH_4/kg DBO)	0.6	kg CH_4/kg DBO	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Tabla 6.3, Ecuación 6.2, Pág. 6.12.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 116. Parámetros por defecto utilizados en la estimación de las emisiones de óxido nitroso de aguas residuales domésticas

Fuente de emisión	Factores de emisión y conversión	Valor	Unidad	Fuente de información
Emisiones de óxido nitroso	Fracción de nitrógeno en la proteína (kg N/kg proteína)	0.16	Kg N/Kg proteína	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.8, Pág. 6.25.
	Fracción de proteína no consumida FNON-CON (kgN/kgProteína)	1.1	kg N/kg proteína	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.8, pág. 6.25.
	Nitrógeno eliminado en lodos N_{LODO} (KgN/año)	0	Kg N/año	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.8, pág. 6.25.
	Factor de emisión del N_2O $EF_{EFLUENTE}$ (kg N_2O-	0.005	kg N_2O-N/kg N	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Tabla

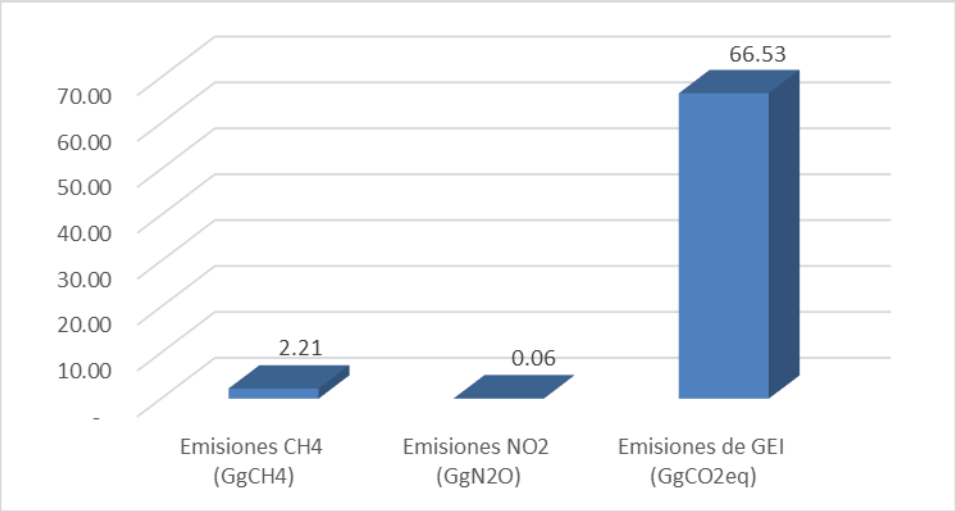
Fuente de emisión	Factores de emisión y conversión	Valor	Unidad	Fuente de información
	N/kg N)			6.11, pág. 6.37.
	Factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado (FIND-COM)	1.25	-	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.8, pág. 6.25.

Fuente: Elaboración propia

9.4.1.4. Análisis de resultados

Las emisiones de metano y óxido nitroso por el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas son iguales a 2.21 $GgCH_4$ y 0.06 GgN_2O que equivalen a 66.53 $GgCO_2eq$, representando el 32.36% de las emisiones del sector.

Figura 61. Emisiones de GEI generados por el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas, año 2016



Fuente: Elaboración propia

9.4.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales

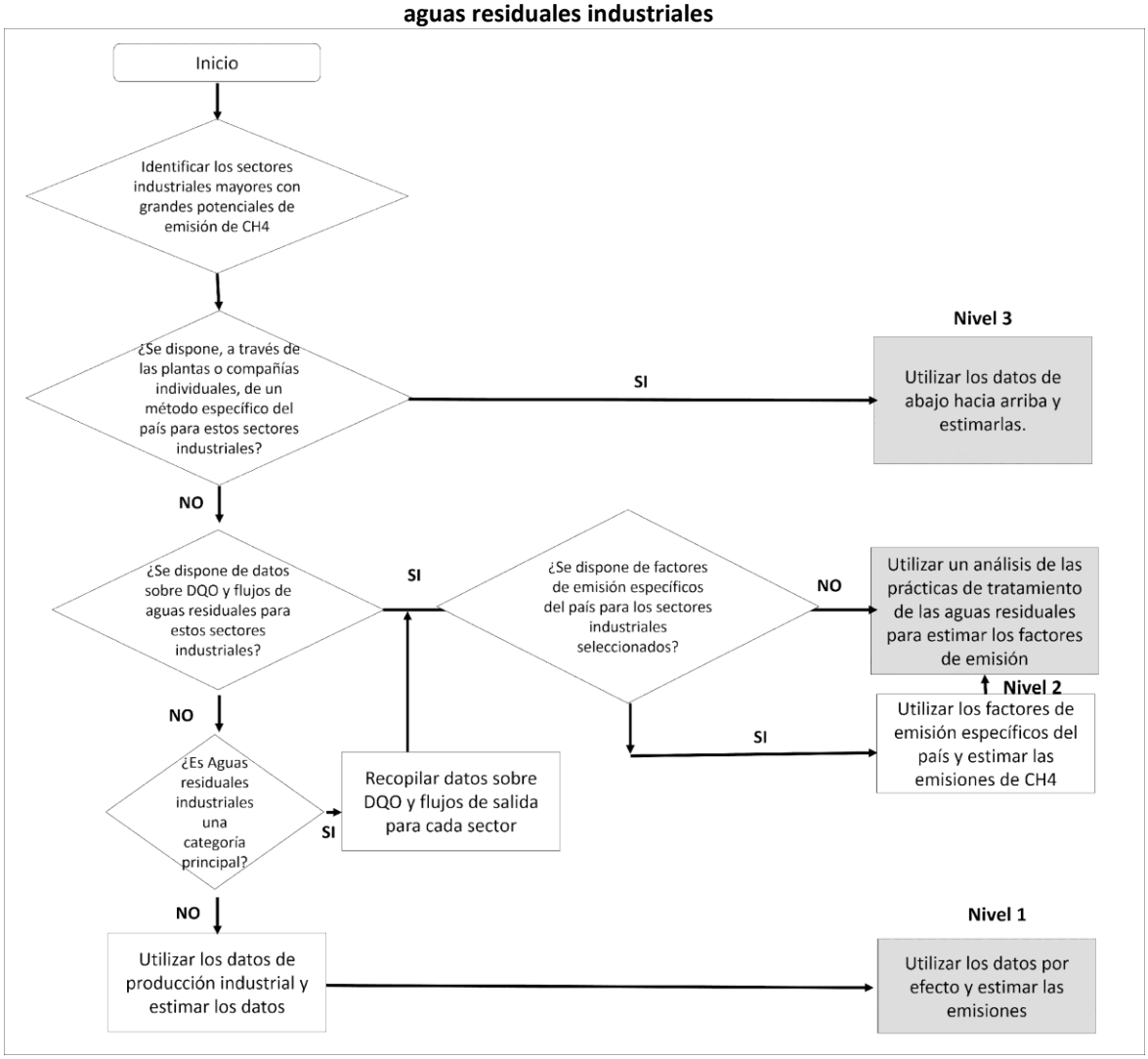
9.4.2.1. Método de cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- Nivel 1: Estima las emisiones a partir de datos de tratamiento y eliminación de aguas residuales y utiliza valores por defecto de la metodología.
- Nivel 2: Estima las emisiones a partir datos de tratamiento y eliminación de aguas residuales y datos específicos del país.
- Nivel 3: Estima las emisiones a partir de datos específicos por planta de tratamiento de aguas residuales y valores propios del país.

La siguiente figura muestra el árbol de decisión de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones de CH_4 procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales.

Figura 62. Árbol de decisión para las emisiones de CH_4 procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Pág. 6.21

Para el análisis del árbol de decisiones se considera lo siguiente:

- A nivel nacional ni Departamental no existe información sobre el tratamiento de aguas residuales industriales en cada industria que permita determinar de forma confiable la generación de efluentes o la carga orgánica de las industrias.
- Las emisiones de esta subcategoría no son consideradas principales.

Por lo anterior, para estimar las emisiones de metano de esta subcategoría, se aplicó el método del nivel 1.

9.4.2.2. Datos de actividad

La siguiente tabla presenta los datos de actividad empleados en la estimación de esta subcategoría.

Tabla 117. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales

Clasificación			Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato utilizado	Unidad	Fuente de información
4	4D	4D2	**DESECHOS**				
			Tratamiento y eliminación de aguas residuales				
			Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	Producción industrial (P)	Producción industrial según tipo de industria - subsector mype e industria	Masa (Toneladas, Kilogramos), Volumen (Litros, Galones, Barriles)	Ministerio de la Producción. (2017). Información proporcionada por la Oficina General de Evaluación de Impacto y de Estudios Económicos del PRODUCE (OGEIEE) del PRODUCE, en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Desechos - Tratamiento y Eliminación de aguas residuales industriales. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales del Viceministerio de MYPE e Industria.
					Producción industrial según tipo de industria - subsector pesca y acuicultura	Masa (Toneladas)	Ministerio de la Producción. (2017). Información proporcionada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Pesqueros y Acuícolas (DGAAMPA) del PRODUCE, en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Desechos - Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales INEI, 2019 - PERÚ: Producto Bruto Interno por departamento disponible en https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/producto-bruto-interno-por-departamentos-9089/ Manufactura Cajamarca Pesca Cajamarca
					Valor agregado bruto manufactura y pesca Departamental	%	Ministerio de la Producción. (2017). Información proporcionada por la Oficina General de Evaluación de Impacto y de Estudios Económicos del PRODUCE (OGEIEE) del PRODUCE, en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Desechos - Tratamiento y Eliminación de aguas residuales industriales. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales del Viceministerio de MYPE e Industria.
				Tipos de tratamiento	Tipos de tratamiento de las aguas residuales industriales previos a su vertimiento al cuerpo de agua natural	-	Ministerio de la Producción. (2017). Información proporcionada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Pesqueros y Acuícolas (DGAAMPA) del PRODUCE, en el marco del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero de la categoría Desechos - Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales

Fuente: Elaboración propia

a) Producción industrial:

Dado el limitado acceso a la información de producción industrial a nivel Departamental, el valor de producción industrial se ha estimado a partir de los valores de producción nacional, haciendo uso del valor agregado bruto del sector manufactura y pesca Departamental en comparación con los valores nacionales.

La información de producción industrial nacional proviene de las estadísticas nacionales del Ministerio de la Producción.

La identificación de industrias principales en la región aborda únicamente las industrias cuyas actividades se realizan en la región como son los siguientes rubros: refinado de alcohol, malta y cerveza, carnes y aves, hortalizas, frutas y jugos, productos lácteos, vinos y vinagres, sustancias químicas orgánicas, jabón y detergentes y elaboración de derivados del pescado. Todo ello en base a la clase CIIU del 2016 proporcionada por SUNAT donde se brinda información de las industrias registradas a nivel Departamental.

b) Tipo de tratamiento de aguas residuales industriales

De igual modo, esta información proviene de las estadísticas nacionales además de realizar las mismas asunciones consideradas para la elaboración del inventario nacional.

A nivel nacional se obtuvo información sobre el tipo de tratamiento de las aguas residuales industriales de los archivos primigenios de solicitud de autorización de vertimiento de aguas residuales industriales a cuerpos naturales de agua. Estas solicitudes las realizan ciertas industrias a la ANA para cumplir con la normativa ambiental nacional.

Tabla 118. Tipos de tratamientos de aguas residuales industriales identificados

Rubro de producción	Tipo de tratamiento de acuerdo con la ANA
Refinado de alcohol	Se desconoce
Malta y cerveza	Tratamiento biológico
Carnes y Aves	Tratamiento biológico
Hortalizas, frutas y jugos	Se desconoce
Aceites vegetales	Tratamiento biológico
Productos lácteos	Tratamiento biológico
Refinación de azúcar	Se desconoce
Vinos y vinagres	Se desconoce
Pulpa y papel (combinados)	Físico químico
Refinerías de petróleo	Se desconoce
Sustancias químicas orgánicas	Se desconoce
Jabón y detergentes	Se desconoce
Elaboración de pescado	Físico químico

Fuente: Elaboración propia en base a los informes técnicos sobre autorización de vertimientos otorgado por la ANA

Y con el fin de estimar los tipos de tratamiento de aguas residuales industriales dentro de las industrias donde se desconoce esta información, se asumió que estas industrias aplican las mismas tecnologías promedio implementadas para el tratamiento de aguas residuales domésticas por ser una práctica común.

9.4.2.3. Factores de emisión y conversión

Los factores de emisión se estiman para cada tipo de tratamiento de agua residual industrial, esto depende principalmente de la demanda química de oxígeno (DQO) y del factor de corrección de metano de cada tratamiento. Dado que ambos datos no se poseen a nivel Departamental ni nacional, éstos han sido tomados de los valores por defecto de las Directrices del IPCC del 2006.

Para aquellos rubros industriales donde se desconoce el tipo de tratamiento y sobre el cual no se podrían asignarles un valor de Factor de Corrección de Metano, se estimó este valor mediante el cálculo de un valor medio producto de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales domésticas empleadas en el país, asumiendo de que es probable que las industrias hayan implementado este tipo de tecnologías en sus instalaciones por ser conocidas a nivel nacional

Tabla 119. Estimación del Factor de emisión de metano medio

Año	FCM medio	Capacidad máxima de producción de CH4 (kg. de CH_4/kg. de DBO)	Factor de emisión medio (kg CH_4/kg COD)
2016	0.222	0.25	0.06

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla muestra los factores de emisión asignados a cada rubro industrial. Para el caso de los tipos de tratamiento que indican tratamiento físico-químico se le asignó el FE de 0.03 kg CH_4/kg DQO correspondiente al vertimiento a río, lago o mar. Para aquellos que indicaron tratamiento biológico se les asignó el FE de 0.08 kg CH_4/kg DQO correspondiente a las plantas de tratamiento centralizado aeróbico – gestión deficiente. Finalmente, para aquellos rubros donde se desconoce los tipos de tratamiento, se les asignó el FE medio estimado en la tabla anterior.

Los FCM aplicados para la estimación se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 120. Valores de FCM por defecto para las aguas residuales industriales

Rubro	Tipo de tratamiento	Factor de emisión (kg CH_4/kg DQO)
Refinado de alcohol	Se desconoce	0.06
Malta y cerveza	Tratamiento biológico	0.08
Carmes y Aves	Tratamiento biológico	0.08
Hortalizas, frutas y jugos	Se desconoce	0.06
Aceites vegetales	Tratamiento biológico	0.08
Productos lácteos	Tratamiento biológico	0.08
Refinación de azúcar	Se desconoce	0.06
Vinos y vinagres	Se desconoce	0.06
Pulpa y papel (combinados)	Físico químico	0.03
Refinerías de petróleo	Se desconoce	0.06
Sustancias químicas orgánicas	Se desconoce	0.06
Jabón y detergentes	Se desconoce	0.06
Elaboración de pescado	Físico químico	0.03

Fuente: Elaboración propia (DGAAMI – PRODUCE)

Por otro lado, para obtener datos de producción en masa, en algunos casos se tuvo que convertir unidades de volumen a masa utilizando las densidades que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 121. Densidades utilizadas para obtener la producción industrial - subcategoría de tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales

Descripción	Valor	Unidad	Fuente de información
Densidad del agua (utilizada cuando se desconoce la densidad del líquido)	1	kg/l	Fuente: http://www.inti.gob.ar/interlaboratorios/informes/2010/alimentos/2010_informe_final_vinos.pdf (página 7)
Densidad del vino	996.5	g/l	Fuente: http://www.inti.gob.ar/interlaboratorios/informes/2010/alimentos/2010_informe_final_vinos.pdf (página 7)
Densidad de cerveza (gravedad específica)	1.05	g/cm^3	Fuente: https://www.morebeer.com/brewingtechniques/library/backissues/issue1.3/manning.html
Densidad del etanol	789	g/l	Fuente: http://www.inchem.org/documents/sids/sids/64175.pdf (página 150)
Densidad del petróleo (diésel)	0.00000314	Gg/gal	Fuente: Estimado en base a los reportes de REPSOL y PETROPERÚ para el RAGEI del Ministerio de Energía y Minas
Densidad del petróleo industrial	0.00000373	Gg/gal	Fuente: Estimado en base a los reportes de REPSOL y PETROPERÚ para el RAGEI del Ministerio de Energía y Minas

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, al no contar con información de fuentes primarias de cantidad de aguas residuales industriales generadas por tipo de industria y su DQO característico, se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 122. Datos sobre aguas residuales industriales

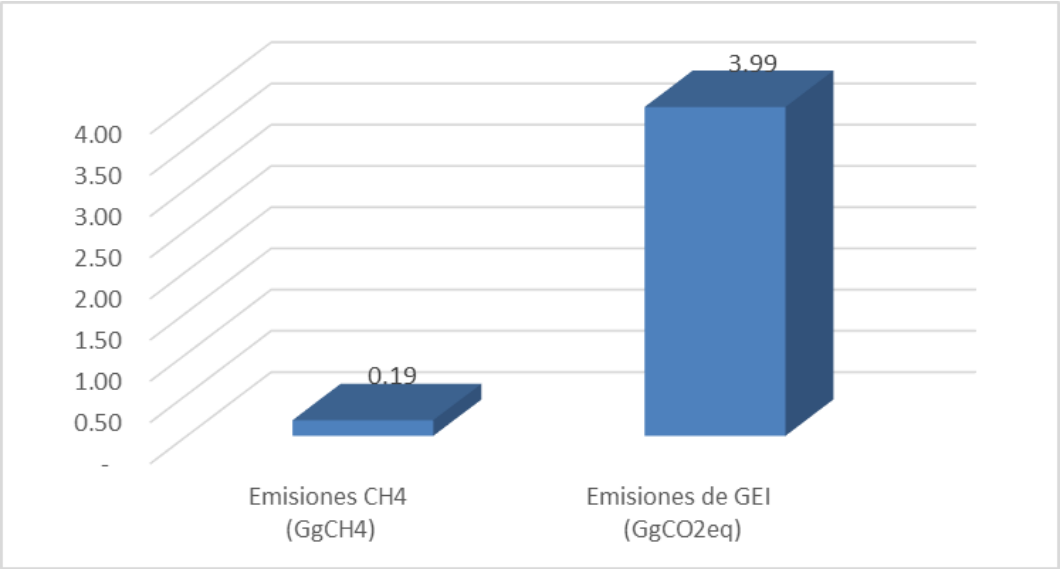
Tipo de industria	Generación de aguas residuales W	Intervalo para W	DQO	Intervalo de DQO
	(m^3/tonelada)	(m^3/tonelada)	(kg./m^3)	(kg./m^3)
Refinado de alcohol	24	16 – 32	11	5 – 22
Malta y cerveza	6,3	5,0 – 9,0	2,9	2 – 7
Café	ND	ND –	9	3 – 15
Productos lácteos	7	3 – 10	2,7	1,5 – 5,2
Procesamiento del pescado	ND	8 – 18	2,5	
Carnes y aves	13	8 – 18	4,1	2 – 7
Sustancias químicas orgánicas	67	0 – 400	3	0,8 – 5
Refinerías de petróleo	0,6	0,3 – 1,2	1,0	0,4 – 1,6
Plásticos y resinas	0,6	0,3 – 1,2	3,7	0,8 – 5
Pulpa y papel (combinados)	162	85 – 240	9	1 – 15
Jabón y detergentes	ND	1,0 – 5,0	ND	0,5 – 1,2
Producción de almidón	9	4 – 18	10	1,5 – 42
Refinación del azúcar	ND	4 – 18	3,2	1 – 6
Aceites vegetales	3,1	1,0 – 5,0	ND	0,5 – 1,2
Verduras, frutas y zumos	20	7 – 35	5,0	2 – 10
Vino y vinagre	23	11 – 46	1,5	0,7 – 3,0
Notas: ND = No Disponible. Fuente: Doorn *et al*. (1997).				

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 6, Cuadro 6.9, Pág. 6.22

9.4.2.4. Análisis de resultados

Las emisiones de metano por el tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales son iguales a 0.19 $GgCH_4$ que equivale a 3.99 $GgCO_2eq$, representando el 1.94% de las emisiones del sector.

Figura 63. Emisiones de GEI generados por el tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales, año 2016



Fuente: Elaboración propia

10. BIBLIOGRAFÍA

INEI (2018). Cajamarca Resultados definitivos. Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1553/

INEI (2017). Cajamarca: Compendio estadístico 2017. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1505/libro.pdf

IPCC (1995). Segundo Reporte de Evaluación IPCC (AR2 por sus siglas en inglés). Potencial de calentamiento global (PCG) de metano y óxido nitroso. Tabla 4, página 22. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_sar_wg_I_full_report.pdf

IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japón: IGES. Recuperado de *The Intergovernmental Panel on Climate Change*: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/

IPCC (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Switzerland. Recuperado de: *The Intergovernmental Panel on Climate Change* https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2016). Boletín de Insumos y Servicios Agrícolas. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas. Lima-Perú.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2017). Anuario de Producción Pecuaria y Avícola 2016. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas. Lima - Perú. Recuperado de http://siea.minag.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuarios-estadisticos

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Dirección de Estadística Agraria (2020). Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA). Lima. Recuperado de: http://frenteweb.MIDAGRI.gob.pe/sisca/

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Dirección de Estadística Agraria (2020). Serie de Estadísticas de Producción Ganadera y Avícola (SEPGA). Lima Recuperado de: http://sitiodea.com/siscipa/index.html

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura del año 2016. Categorías: Ganado y Fuentes de agregadas y fuentes de emisión no-CO2 de la tierra. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios. (2016). Propuesta de cálculo para la población de equinos y burros, burras, mulas y cuyes y la superficie de pastos naturales. Orden de servicio N° 2016- 1187.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas. (2020). Superficie instalada de cultivos perennes por departamento en el año 2016. Enviado mediante E-mail N.º 21-2020-MINAGRI-DGESEP/DEA-AD de fecha 01 de octubre de 2020.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2019). Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú. Panel 1. Recuperado de: https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2020/03/INFORME-DEL-INFFS-PANEL-1.pdf

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2018). Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2016. Recuperado de https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/05/Anuario-2016.pdf

Ministerio de la Producción (2013). Anuario Estadístico Industrial, MIPYME y Comercio Interno 2012. Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial. Recuperado de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-2012.pdf

Ministerio de la Producción (2015). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2014. Ministerio de la Producción. Lima: Dirección General de Políticas y Desarrollo Pesquero del Viceministerio de Pesca y Acuicultura. Recuperado el 31 de julio de 2016, de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2014.pdf

Ministerio de la Producción (2016). Anuario Estadístico Industrial, MYPE y Comercio Interno 2015. Lima: Dirección General de Estudios Económicos, Evaluación y Competitividad Territorial del Viceministerio de MYPE e Industria. Recuperado de Ministerio de la Producción: http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-mype-2015.pdf

Ministerio de la Producción (2017). Anuario Estadístico Industrial, MIPYME y Comercio Interno 2016. Lima Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos del Ministerio de la Producción.

Ministerio de la Producción (2017). Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2016. Lima: Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos del Ministerio de la Producción.

Ministerio de la Producción (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Procesos Industriales y Uso de Productos del año 2016. Categorías: Industria de los Minerales, Industria Química e Industria de los Metales. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.

Ministerio de la Producción (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Desechos del año 2016. Subcategoría: Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía del año 2016. Categoría: Combustión Móvil. Lima: Dirección General de Asuntos Socio Ambientales.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones, Decreto Supremo Nro. 011-2006-Vivienda. Norma OS.090, Plantas de tratamiento de Aguas Residuales. Cap. 4.3. Art. 4.3.6.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). Oficina de Estadística e Informática del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural 2018 - 2020, Recuperado del archivo "Sistemas de eliminación de excretas - Vivienda 2018 - 2020. xls"

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Desechos del año 2016. Subcategoría: Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas. Lima: Dirección General de Asuntos Ambientales.

Ministerio del Ambiente. (2014). Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM. Disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INFOCARBONO).

Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático. (2017). Módulo de Monitoreo de la Cobertura de Bosque. Recuperado de:

http://geobosques.minam.gob.pe:81/geobosque/view/

Ministerio del Ambiente (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Desechos del año 2016. Categoría: Eliminación de Desechos Sólidos e Incineración e incineración abierta de Desechos. Lima: Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos.

Ministerio del Ambiente, Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura del año 2016. Categoría: Tierras. Lima: Grupo Técnico de Apoyo para la elaboración del RAGEI de UTCUTS (GTA).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Departamento de Cajamarca 7
Figura 2. Producción de electricidad 2011 - 2016 9
Figura 3. Parque automotor 2010 – 2016 10
Figura 4. Combustibles empleados en el transporte terrestre 2010 – 2016 10
Figura 5. Evolución de la producción de carbón mineral 2011 – 2016 11
Figura 6. Población de ganado por especie, año 2016 12
Figura 7. Superficie cultivada de los principales cultivos agrícolas, 2016 13
Figura 8. Perdida de cobertura de bosques amazónicos en Cajamarca, periodo 2001 - 2016 14
Figura 9. Perdida de cobertura de bosques, año 2016 14
Figura 10. Volumen de madera rolliza extraída durante el periodo 2011-2016 15
Figura 11. Población que usa leña y/o carbón para preparar alimentos en Cajamarca 15
Figura 12. Superficie reforestada anualmente (ha) en el periodo 2011-2016, Cajamarca 16
Figura 13. Generación de residuos sólidos municipales en Cajamarca, 2010 – 2016 17
Figura 14. Ecuación básica para el cálculo de las emisiones de GEI 18
Figura 15. Ecuación de emisiones de GEI (CO_2eq) 19
Figura 16. Distribución porcentual de las emisiones por sectores en el 2016 20
Figura 17. Distribución de emisiones por subcategorías del sector energía - combustión estacionaria y emisiones fugitivas, 2016 25
Figura 18. Árbol de decisión para estimar las emisiones de la combustión estacionaria estacionarias 27
Figura 19. Emisiones de GEI generados por actividades de quema de combustibles, año 2016 33
Figura 20. Árbol de decisión para las minas de carbón mineral subterráneo 34
Figura 21. Emisiones fugitivas por la producción de carbón mineral, año 2016 36
Figura 22. Distribución de emisiones por subcategorías del sector energía – combustión móvil, 2016 38
Figura 23. Árbol de decisión para las emisiones de CO_2 procedentes de la quema de combustible en vehículos terrestres 40
Figura 24. Árbol de decisión para las emisiones de CH_4 y N_2O de los vehículos terrestres 41
Figura 25. Emisiones de GEI generados por el transporte terrestre, año 2016 45
Figura 26. Árbol de decisión para estimar las emisiones procedentes de los vehículos todo terreno 46
Figura 27. Emisiones de GEI generados por otro tipo de transporte, año 2016 48
Figura 28. Distribución de emisiones por categorías de GEI del sector Agricultura, 2016 51
Figura 29. Árbol de decisiones para las emisiones de CH_4, resultantes de la fermentación entérica 52
Figura 30. Emisiones de GEI generados por la fermentación entérica, año 2016 57
Figura 31. Árbol de decisión para emisiones de CH_4 resultantes de la gestión del estiércol 59
Figura 32. Árbol de decisiones para emisiones de N_2O resultantes de la gestión del estiércol. 60
Figura 33. Emisiones de GEI generados por el manejo de estiércol, año 2016 65

Figura 34. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por incendios en una categoría de uso de la tierra 66

Figura 35. Emisiones de GEI generados por la quema de biomasa de cultivos y pastizales, año 2016..... 71

Figura 36. Árbol de decisión para la identificación del nivel apropiado para la estimación de las emisiones de CO_2 fertilización con urea 72

Figura 37. Árbol de decisiones para emisiones directas de N_2O de suelos gestionados 75

Figura 38. Emisiones directas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados, año 2016..... 80

Figura 39. Árbol de decisiones para las emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados..... 81

Figura 40. Emisiones indirectas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados, año 2016..... 83

Figura 41. Árbol de decisión de emisiones de N_2O resultantes de la gestión del estiércol..... 84

Figura 42. Emisiones de GEI generados por emisiones indirectas de N_2O del manejo de estiércol, año 2016..... 88

Figura 43. Árbol de decisión para las emisiones de CH_4 resultantes de la producción de arroz..... 89

Figura 44. Emisiones de GEI generados por el cultivo de arroz, año 2016..... 93

Figura 45. Distribución de emisiones por categorías de GEI del sector UTCUTS, 2016..... 96

Figura 46. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en una categoría de uso de la tierra 98

Figura 47. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en una categoría de uso de la tierra 99

Figura 48. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales por categoría de uso de la tierra 100

Figura 49. Resultados de emisiones y remociones de GEI en tierras forestales 112

Figura 50. Resultados de emisiones y remociones de GEI en tierras de cultivo 120

Figura 51. Resultados de emisiones y remociones de GEI en pastizales..... 127

Figura 52. Emisiones de GEI generados por la quema de biomasa en tierras forestales, año 2016 135

Figura 53. Distribución de GEI de las emisiones del Sector Desechos..... 137

Figura 54. Árbol de decisión para para estimar las emisiones de CH_4 procedentes de la eliminación de desechos sólidos..... 138

Figura 55. Evolución de la generación de desechos sólidos municipales en Cajamarca 143

Figura 56. Emisiones de GEI generados por la eliminación de desechos sólidos, año 2016 145

Figura 57. Árbol de decisión para las emisiones de CO_2 procedentes de la incineración e incineración abierta de desechos 146

Figura 58. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH_4 y N_2O procedentes de la incineración e incineración abierta de desechos..... 147

Figura 59. Emisiones de GEI generados por la incineración abierta de desechos sólidos, año 2016..... 151

Figura 60. Árbol de decisión para las emisiones de CH_4 procedentes de las aguas residuales domésticas 152

Figura 61. Emisiones de GEI generados por el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas, año 2016 159

Figura 62. Árbol de decisión para las emisiones de CH_4 procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales 160

Figura 63. Emisiones de GEI generados por el tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales, año 2016 165

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica del departamento de Cajamarca 7
Tabla 2. Población de ganado por especie, año 2016 11
Tabla 3. Superficie y producción anual de los principales cultivos agrícolas, 2016 12
Tabla 4. Emisiones y remociones de gases de efecto invernadero de Cajamarca del año 2016 21
Tabla 5. Análisis de categorías principales – Cajamarca 2016 23
Tabla 6. Categoría de emisiones y gases generados 24
Tabla 7. Resultados de emisiones de GEI del sector Energía – combustión estacionaria y emisiones fugitivas 25
Tabla 8. Datos de actividad utilizados en las subcategorías de Actividades de quema de combustibles .. 29
Tabla 9. Factores de emisión por tipo de combustibles 32
Tabla 10. Valor Calórico Neto de los combustibles 32
Tabla 11. Densidad de los combustibles 33
Tabla 12. Datos de actividad utilizados en las subcategorías de Actividades de quema de combustibles 35
Tabla 13. Factores de emisión del metano de la minería subterránea del carbón 35
Tabla 14. Categoría de emisiones y gases generados 37
Tabla 15. Resultados de emisiones de GEI del sector Energía – combustión móvil 38
Tabla 16. Correspondencia de tipo de vehículos entre las subcategorías del IPCC y la clasificación vehicular del Perú 39
Tabla 17. Datos de actividad utilizados en la subcategoría de transporte terrestre 42
Tabla 18. Factores de emisión de CO_2 44
Tabla 19. Factores de emisión de CH_4 y N_2O 44
Tabla 20. Valor Calórico Neto de los combustibles 44
Tabla 21. Densidades de los combustibles. 45
Tabla 22. Datos de actividad utilizados en la subcategoría de Otro tipo de transporte 47
Tabla 23. Factores de emisión de CO_2 47
Tabla 24. Factores de emisión de CH_4 y N_2O 47
Tabla 25. Valor Calórico Neto de los combustibles 48
Tabla 26. Gases estimados en el sector agricultura 49
Tabla 27. Resultados de emisiones de GEI del sector Agricultura 49
Tabla 28. Datos de actividad utilizados en la subcategoría para Fermentación Entérica 54
Tabla 29. Población de animales vivos, año 2016 55
Tabla 30. Población de ganado vacuno desagregado en vacuno lechero y otro ganado vacuno, año 2016 55
Tabla 31. Periodo de vida de especies de ganado que viven menos de 1 año 55
Tabla 32. Población media anual de animales vivos por especie, año 2016 55
Tabla 33. Caracterización mejorada de la población media anual del ganado vacuno, año 2016 56

Tabla 34. Factores de emisión de metano de la fermentación entérica por clase de ganado vacuno 56

Tabla 35. Factores de emisión de metano de la fermentación entérica de otras especies de ganado.....57

Tabla 36. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Manejo de Estiércol 62

Tabla 37. Población media anual de animales vivos por especie, año 2016 63

Tabla 38. Distribución porcentual de los sistemas de manejo del estiércol existente para cada tipo de ganado 63

Tabla 39. Factores de emisión para emisiones de metano provenientes del manejo del estiércol.....64

Tabla 40. Factores de emisión para emisiones directas de óxido nitroso del manejo del estiércol 64

Tabla 41. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Emisiones por Quema de Biomasa 68

Tabla 42. Variables para estimar la superficie quemada de cultivos, año 2016 69

Tabla 43. Variables para estimar la superficie de pastos quemados, año 2016.....69

Tabla 44. Masa de combustible disponible para combustión 69

Tabla 45. Variables para estimar la masa de combustible disponible para combustión de los otros cultivos 70

Tabla 46. Factores de emisión por gas de efecto invernadero generado en la combustión.....70

Tabla 47. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Aplicación de Urea 73

Tabla 48. Variables para estimar la cantidad de urea aplicada por departamento 74

Tabla 49. Factor de emisión para la estimación de emisiones por aplicación de urea 74

Tabla 50. Datos de actividad para la subcategoría Emisiones Directas de N_2O provenientes de Suelos Gestionados (3C4) 76

Tabla 51. Variables para estimar la cantidad aplicada de fertilizantes nitrogenados por departamento .78

Tabla 52. Variables para estimar la cantidad aplicada de nitrógeno en el cultivo de arroz 78

Tabla 53. Superficie cosechada, producción y superficie quemada de los principales cultivos, año 2016 78

Tabla 54. Pérdida promedio anual de carbono del suelo por categoría de uso de la tierra, año 2016 79

Tabla 55. Factores de emisión para emisiones directas de N_2O procedentes de suelos gestionados 79

Tabla 56. Factores de emisión de las emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados 82

Tabla 57. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Emisiones Indirectas por Manejo de Estiércol 86

Tabla 58. Porcentaje de pérdida de nitrógeno debido a la volatilización de NH_3 y NO_X de la gestión del estiércol 87

Tabla 59. Factores de Emisión de las emisiones indirectas de N_2O del manejo de estiércol 87

Tabla 60. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Cultivo de Arroz 91

Tabla 61. Superficie cosechada de arroz en Cajamarca, año 2016 92

Tabla 62. Periodo de cultivo en días para la selva baja 92

Tabla 63. Distribución porcentual de los tipos de riego para selva alta 92

Tabla 64. Factor de emisión por defecto para campos continuamente inundados sin enmiendas orgánicas 92

Tabla 65. Factor de escala para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo de arroz 92

Tabla 66. Factor de escala para contar diferencias en el régimen hídrico en la pretemporada antes del período de cultivo de arroz 93

Tabla 67. Gases estimados en el sector UTCUTS 94

Tabla 68. Resultados de emisiones de GEI del sector UTCUTS 94

Tabla 69. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales 102

Tabla 70. Superficies de permanencia en tierras forestales que permanecen como tierras forestales .. 104

Tabla 71. Variables empleadas y volumen estimado de leña consumida, ano 2016 104

Tabla 72. Superficie de bosques amazónicos quemados en Cajamarca, año 2016 104

Tabla 73. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en tierras forestales 105

Tabla 74. Superficies de conversión en tierras convertidas en tierras forestales, periodo 2014-2016 ... 107

Tabla 75. Proporción de plantaciones forestales instaladas dentro de las tierras convertidas en tierras forestales 107

Tabla 76. Superficies de tierras convertidas en tierras forestales divididas por tipo de gestión en el periodo 2014-2016 108

Tabla 77. Factores de emisión para tierras forestales que permanecen como tierras forestales 109

Tabla 78. Factores de emisión para tierras convertidas en tierras forestales 110

Tabla 79. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo 114

Tabla 80. Superficie instalada de cultivos perennes en el 2015 y 2016 115

Tabla 81. Superficies en crecimiento y pérdidas en el 2016 115

Tabla 82. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en tierras de cultivo 116

Tabla 83. Superficies de conversión en tierras de cultivo anualizadas al 2016 117

Tabla 84. Factores de emisión para tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo 117

Tabla 85. Factores de emisión para tierras convertidas en tierras de cultivo 118

Tabla 86. Datos de actividad utilizados en la subcategoría pastizales que permanecen como pastizales 122

Tabla 87. Superficies de permanencia en pastizales, periodo 2014-2016 122

Tabla 88. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en pastizales 123

Tabla 89. Superficies de conversión en pastizales anualizadas al 2016 124

Tabla 90. Factores de emisión para pastizales que permanecen como pastizales 124

Tabla 91. Factores de emisión para tierras convertidas en pastizales 125

Tabla 92. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en asentamientos 129

Tabla 93. Superficies de conversión en asentamientos anualizadas al 2016 130

Tabla 94. Factores de emisión para tierras convertidas en asentamientos 130

Tabla 95. Datos de actividad utilizados en la subcategoría quema de biomasa en tierras forestales 133

Tabla 96. Superficie de bosques amazónicos quemados en Cajamarca, año 2016 133

Tabla 97. Factores de emisión para quema de biomasa en tierras forestales 133

Tabla 98. Categoría de emisiones y gases generados 136

Tabla 99. Resultados de emisiones de GEI del sector Desechos - eliminación de desechos sólidos 137

Tabla 100. Datos de actividad utilizados en la categoría eliminación de desechos sólidos 140

Tabla 101. Actividades realizadas en el marco de la gestión de residuos sólidos municipales en Cajamarca 141

Tabla 102. Generación per cápita de desechos sólidos municipales 142

Tabla 103. Composición de residuos sólidos municipales para el año 2016 144

Tabla 104. Factores de emisión y conversión utilizados para estimación de emisiones de la categoría Eliminación de Desechos Sólidos 144

Tabla 105. Datos de actividad utilizados en la subcategoría de Incineración Abierta de Desechos Sólidos 148

Tabla 106. GPC promedio rural 149

Tabla 107. Total de residuos sólidos incinerados (t/año) 149

Tabla 108. Composición de desechos sólidos en zonas rurales en la región 149

Tabla 109. Factores de emisión y conversión utilizados para estimación de emisiones de la Incineración Abierta de Desechos Sólidos 150

Tabla 110. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas 154

Tabla 111. Fuente de información de población Departamental 2016 156

Tabla 112. Gestión de las aguas residuales domésticas en el departamento de Cajamarca 156

Tabla 113. Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural 157

Tabla 114. Datos de actividad para la estimación de emisiones de N_2O en aguas residuales domésticas 158

Tabla 115. Parámetros por defecto utilizados en la estimación de las emisiones de metano de aguas residuales domésticas 158

Tabla 116. Parámetros por defecto utilizados en la estimación de las emisiones de óxido nitroso de aguas residuales domésticas 158

Tabla 117. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales 161

Tabla 118. Tipos de tratamientos de aguas residuales industriales identificados 162

Tabla 119. Estimación del Factor de emisión de metano medio 163

Tabla 120. Valores de FCM por defecto para las aguas residuales industriales 163

Tabla 121. Densidades utilizadas para obtener la producción industrial - subcategoría de tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales 164

Tabla 122. Datos sobre aguas residuales industriales 164