



GOBIERNO REGIONAL DE LIMA

INVENTARIO REGIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL AÑO 2016



ÍNDICE DE CONTENIDO

ACRÓNIMOS Y SIGLAS	3
1. INTRODUCCIÓN	5
2. SITUACIÓN DE LA REGIÓN	6
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	46
8. RESULTADOS DEL SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA	87
9. RESULTADOS DEL SECTOR DESECHOS	128
10. BIBLIOGRAFÍA	158

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

A	Asentamientos
ANA	Autoridad Nacional del Agua
ASOUT	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (equivalente a AFOLU por sus siglas en inglés: <i>Agriculture, Forestry and Other Land Uses</i>)
C	Carbono
CENAGRO	Censo Nacional Agropecuario
CH ₄	Metano
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
CO ₂	Dióxido de Carbono
CO ₂ eq	Dióxido de Carbono equivalente
COD	Compuesto Orgánico Degradable
COS	Carbono Orgánico del Suelo
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EPS	Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento
ESA	Agencia Espacial Europea (del inglés <i>European Space Agency</i>)
EVP	Establecimiento de Venta al Público
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (del inglés <i>Food and Agriculture Organization</i>)
FC	Fracción de Carbono
FCM	Factor de Corrección de Metano
FE	Factor de Emisión
FOD	Descomposición de primer orden (del inglés <i>First Order Decay</i>)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
Gg	Gigagramo
GgCH ₄	Gigagramos de Metano
GgCO ₂ eq	Gigagramos de Dióxido de Carbono equivalente
GgN ₂ O	Gigagramos de Óxido Nitroso
GPC	Generación Per Cápita
H	Humedales
ha	Hectáreas
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 <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
IRGEI	Inventario Regional de Gases de Efecto Invernadero
kg	Kilogramo
m	Metros
m.s	Materia seca
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
MINAM	Ministerio del Ambiente
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MIMCB	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 ₂ O	Óxido nitroso
NA	No Aplica
NE	No Estimado
NO	No Ocurre
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
P	Pastizales
PBI	Producto Bruto Interno
PCG	Potencial de Calentamiento Global (GWP en inglés, <i>Global Warming Potential</i>)
PIUP	Procesos Industriales y Uso de Productos
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
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 de Lima
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 <i>Thin Film Transistor</i>)
TFTF	Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales
TJ	Tera Joules
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 la región Lima.

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 de la región para realizar las estimaciones de GEI.

Las emisiones de GEI del año 2016 fueron de 9,346.96 Gg de CO_2 , 77.69 Gg de CH_4 y 2.17 Gg de N_2O , que equivalen respectivamente a 9,346.96 Gg CO_2eq , 1,631.46 Gg CO_2eq y 673.26 Gg CO_2eq . El resultado agregado de las emisiones, expresados en dióxido de carbono equivalente (CO_2eq), es de 11,651.67 Gg CO_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 de la región de Lima, por ser el primer inventario de emisiones y remociones de GEI, resultado del trabajo conjunto entre el Gobierno Regional de Lima 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 DE LA REGIÓN

El presente capítulo ofrece un panorama sobre los aspectos geográficos, sociales y económicos en relación a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la región Lima.

2.1. Panorama Geográfico

La región Lima está situada en el centro – oeste del territorio peruano, siendo sus puntos extremos las siguientes coordenadas¹:

Tabla 1. Ubicación geográfica de la región Lima

Orientación	Norte	Este	Sur	Oeste
Latitud sur	10°16'18"	12°46'24"	13°19'16"	10°36'35"
Longitud oeste	76°54'16"	75°30'18"	76°14'36"	77°53'02"

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

La altitud del territorio de la región Lima, está entre los 3.0 msnm (centro poblado Las Salinas, distrito de Chilca – provincia Cañete) y los 6 127 msnm (nevado Siula Grande, distrito de Copa – provincia Cajatambo).

Sus límites son: por el norte con el departamento de Áncash; por el este con los departamentos de Huánuco, Pasco, Junín y Huancavelica; por el sur con el departamento de Ica; y por el oeste con el Océano Pacífico y la Provincia Constitucional del Callao.

En la actualidad, la región de Lima, cuya capital es la ciudad de Huacho, está conformada por las siguientes provincias: Barranca, Cajatambo, Canta, Cañete, Huaral, Huarochirí, Huaura, Oyón y Yauyos.

Figura 1. Región Lima



¹ Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017 – Lima – INEI

2.2. Panorama socioeconómico

Desarrollo social: Lima ha reducido sus tasas de pobreza. En el año 2012 la incidencia de pobreza fue de 14.4%, y en el 2019 ésta se redujo a 14.2% (ENAHO 2019).

De acuerdo al censo 2017, la región Lima cuenta con 910,431 habitantes, representando un incremento del 8.5%, respecto al censo 2007 (839,469); es decir, un incremento anual de 2.0%. Del total de la población, el 83.1% pertenece al área urbana y el 16.9% corresponde al área rural².

La provincia que concentra el mayor número de habitantes es Cañete, con 240,013 personas; seguido por Huara, con 227,685 personas. Ambas provincias agrupan poco más de la mitad de la población de la región Lima (51.4%). Por el contrario, la provincia con menor población es Cajatambo, con un total de 6,559 habitantes (0.7%).

Del total de la población, la población femenina representa el 49.8%; mientras que, la población masculina representa 50.2%.

La población de 15 a 64 años, que constituye la fuerza potencial de trabajo, es de aproximadamente un 64.7%, el cual se ha ido incrementando respecto al censo 2007 (63.3%).

Empleo: La Población Económicamente Activa (PEA), de 14 y más años de edad, se calcula en 514,125 personas, donde el 96.3% se encuentra en situación de ocupados y el 3.7% como desocupados (INEI 2017).

La actividad más importante en términos de empleo es la agropecuaria, pesca y minera, pues representa el 32.5% de la PEA. Otras actividades de servicios (28.6%), actividades de comercio (17.7%); transporte, almacenamiento y comunicaciones (8.7%), construcción (6.9%) y manufactura (6.12%).

Pobreza: El índice de pobreza monetaria total es de 14.2% mientras que el índice de pobreza monetaria extrema es del 0.5% (ENAHO 2019).

De acuerdo al Índice de Desarrollo Humano del PNUD (2019), la región Lima está catalogado como un departamento con Desarrollo Humano Medio y Alto (IDH de 0.60).

Educación: La tasa de alfabetismo de la población de 15 y más años de edad es de 95.9%, con un 4.1% 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 70,7% y 8,3%; respectivamente, le sigue el 6,6% de viviendas que cuentan con agua de pozo (agua subterránea), el 4,4% utiliza agua de río, acequia, manantial o similar y el 3,0% de las viviendas acceden al agua a través de pilón o pileta de uso público, para el consumo humano. Mientras que, el abastecimiento de agua por camión - cisterna u otro similar y otro tipo de abastecimiento de agua, representan el 6,2% (INEI 2017).

² Fuente: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1550/15BTOMO_01.pdf

Energía o combustible usado para cocinar: El 84,4% de los hogares utiliza gas (balón GLP) para cocinar sus alimentos, le sigue el 24,3% que utilizan leña y el 3,1% utilizan electricidad. En menor proporción, utilizan el carbón (1,6%) y bosta o estiércol (0,8%)³ (INEI 2017).

Desarrollo económico: La región Lima aporta aproximadamente el 3.5% al Producto Bruto Interno nacional (INEI 2018).

En el 2017, el sector Extracción de petróleo, gas y minerales aportó con el 22.5% al PBI de la región Lima, seguido, en orden de importancia, del Agricultura, ganadería y silvicultura con el 21.6%, y el sector Otros servicios con el 20.5% (INEI 2018).

2.3. Panorama por sectores relacionados a las emisiones de GEI

2.3.1. Energía

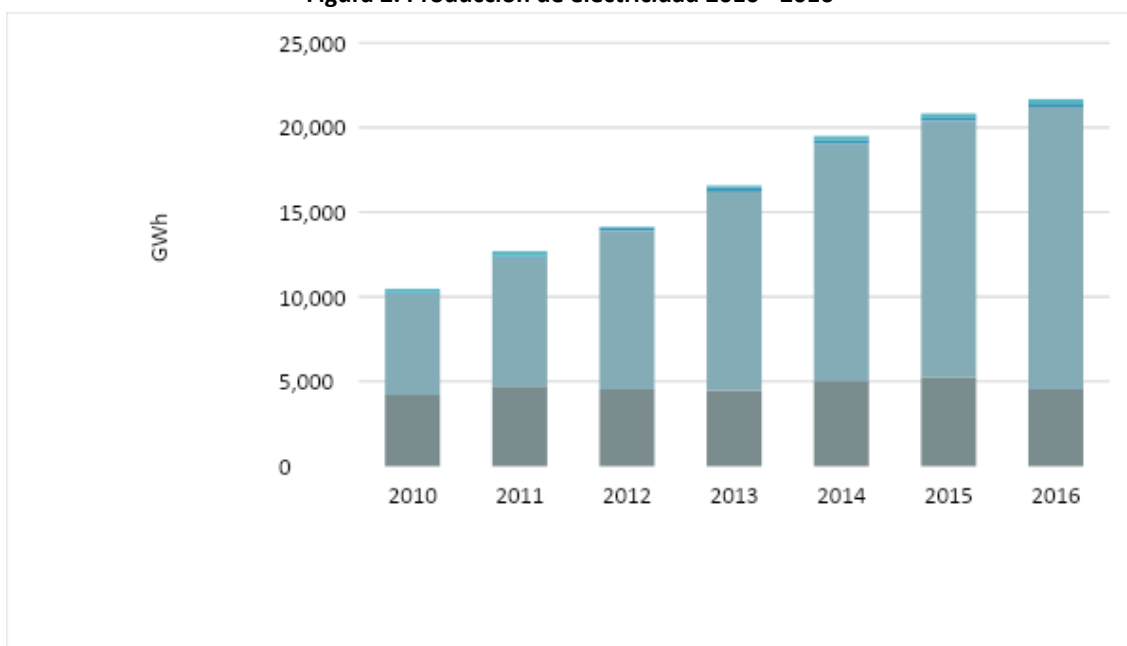
A continuación, se realiza un breve análisis de las principales actividades que generan emisiones de GEI en este sector.

2.3.1.1. Producción de electricidad

La electricidad es generada predominantemente por centrales termoeléctricas para venta en el mercado eléctrico y marginalmente para uso propio. Los principales combustibles utilizados como fuente de energía son el Gas natural, biogás, bagazo y diésel.

En la siguiente figura, se aprecia la evolución de la producción de electricidad del año 2010 al 2016.

Figura 2. Producción de electricidad 2010 - 2016



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

2.3.1.2. Transporte

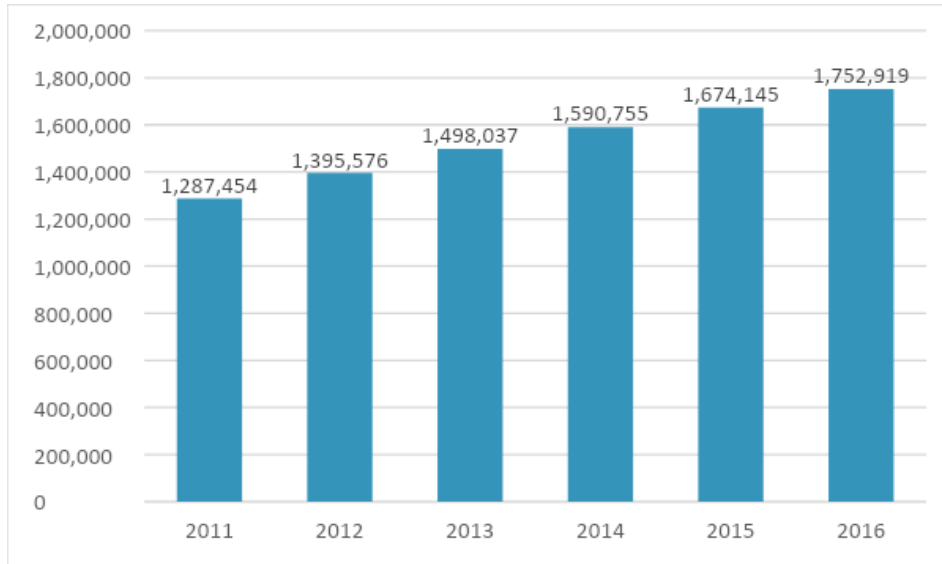
Los medios de transporte que prestan servicio en la región Lima es el terrestre. Las actividades de ferrocarril, transporte aéreo y marítimo se identifican fuera del alcance de la región.

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.

a) Transporte terrestre

La información del parque automotor proporcionada por el el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) se encuentra agregada a nivel departamento de Lima, por lo que de forma referencial se presenta la evolución del parque automotor del año 2011 al 2016.

Figura 3. Parque automotor 2011 – 2016

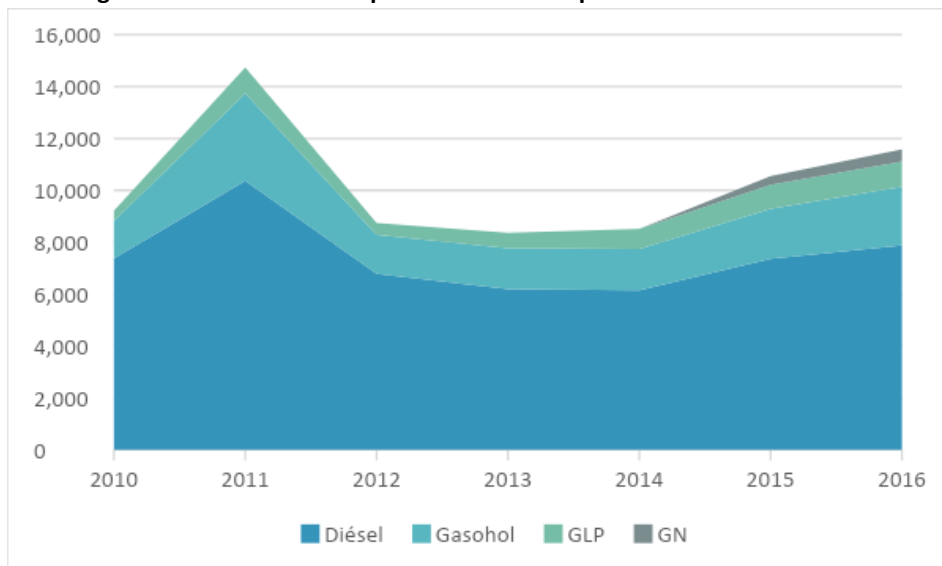


Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones / OGPP- Oficina de Estadística

En la región Lima, los tipos de combustibles utilizados en el transporte terrestre son GNV, GLP, Gasohol y Diesel, siendo este último el de mayor predominancia en el periodo 2010 - 2016.

En la siguiente figura, se aprecia la evolución del consumo de energía (TJ) por tipo de combustible del 2010 al 2016, para el transporte terrestre.

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



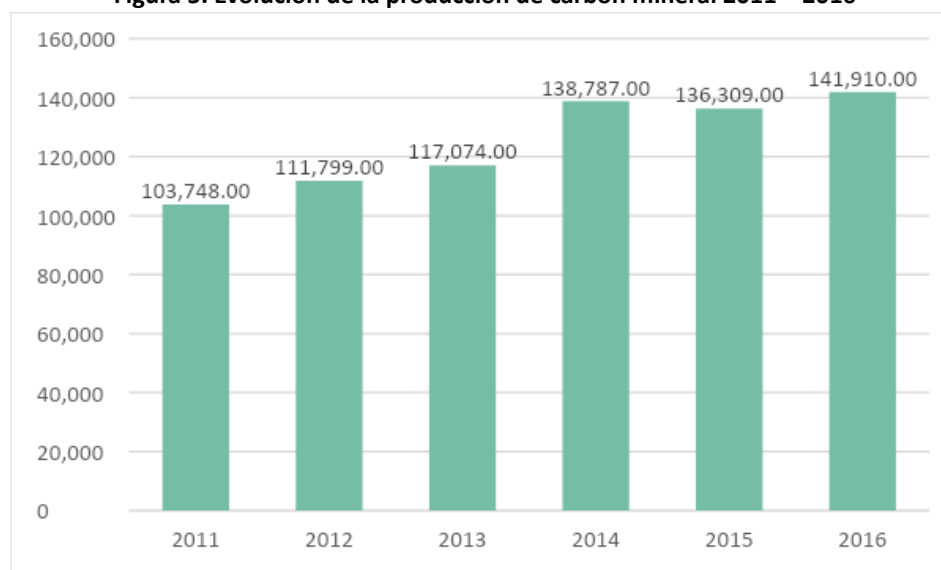
Fuente: Elaboración propia, en base a información proporcionada por Osinergmin e INFOGAS

2.3.1.3. Producción de carbón

En el 2016, la producción de carbón mineral en la región Lima fue de 141,910 10³ Kg. Cabe señalar que el carbón es predominantemente bituminoso y que corresponde a pequeños productores mineros o productores mineros artesanales.

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 de la región 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 la región Lima, se identifica la crianza intensiva de ganado ovino, cuyes y vacuno. Asimismo, con respecto a las especies de aves, se destaca la población de gallinas.

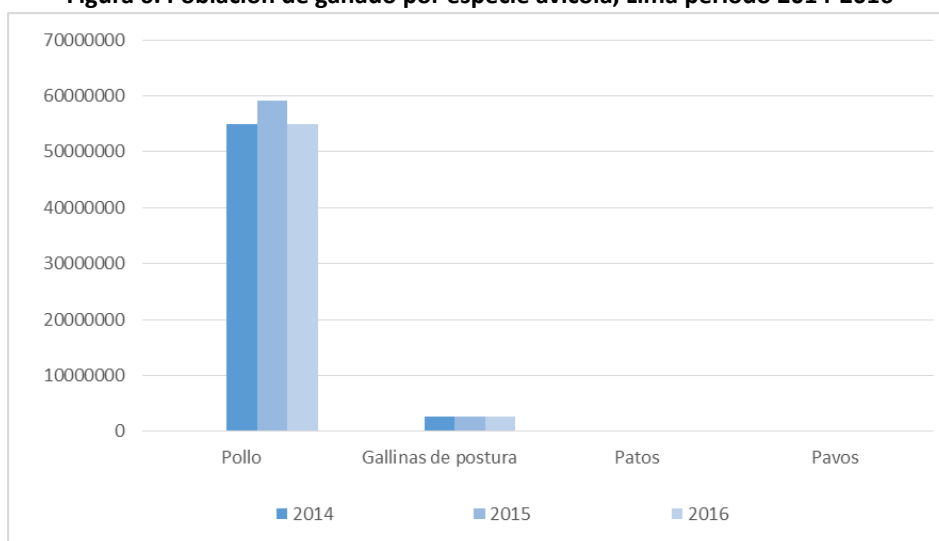
Tabla 2. Población de ganado por especie, periodo 2014-2016

Especie	2014	2015	2016
Pollo	54,920,265.00	59,210,265.00	54,920,265.00
Gallinas de postura	2,695,934.00	2,706,702.00	2,696,384.00
Patos	30,770.00	36,509.00	30,974.00
Pavos	95.00	318.00	247.00
Vacuno	264,104.00	262,850.00	265,104.00
Ovino	337,895.00	341,723.00	342,802.00
Porcino	202,710.00	202,711.00	202,797.00
Caprino	137,786.00	135,158.00	138,186.00
Alpaca	49,686.00	49,799.00	49,756.00
Llama	9,901.00	10,564.00	10,111.00
Cuyes	327,302.00	404,802.00	329,302.00

Fuente: INEI 2017

Las siguientes figuras presentan la evolución de la población de ganado por especie en la región Lima, durante el periodo 2014-2016. Se observa que la especie avícola con mayor número de unidades es el pollo, la cual presenta una tendencia creciente dentro del periodo analizado.

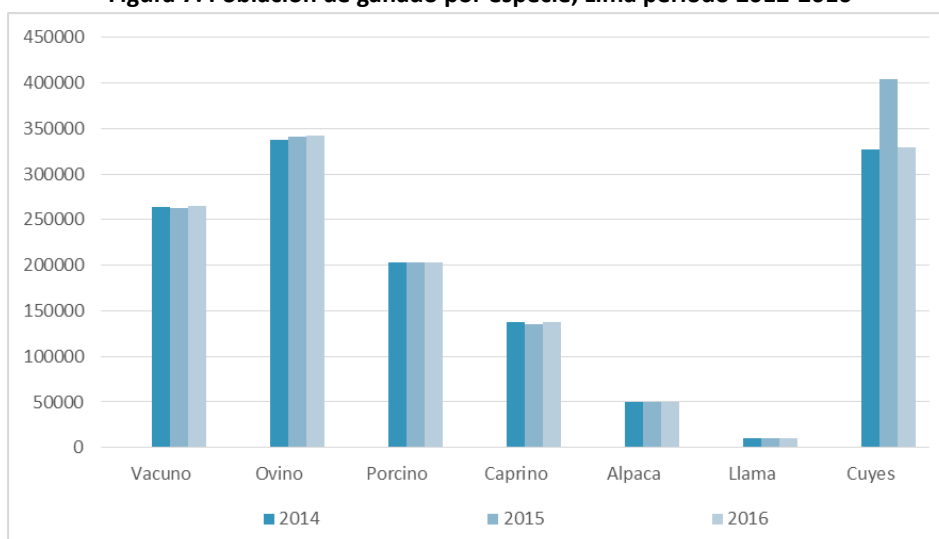
Figura 6. Población de ganado por especie avícola, Lima periodo 2014-2016



Fuente: INEI 2017

En la siguiente figura, se presenta la población de ganado no avícola en el periodo 2014/2016.

Figura 7. Población de ganado por especie, Lima periodo 2012-2016



Fuente: INEI 2017

2.3.3.2. Actividad agrícola

Los cultivos que predominan en Lima, por su superficie cultivada, son el maíz amarillo duro, el camote y la papa. 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

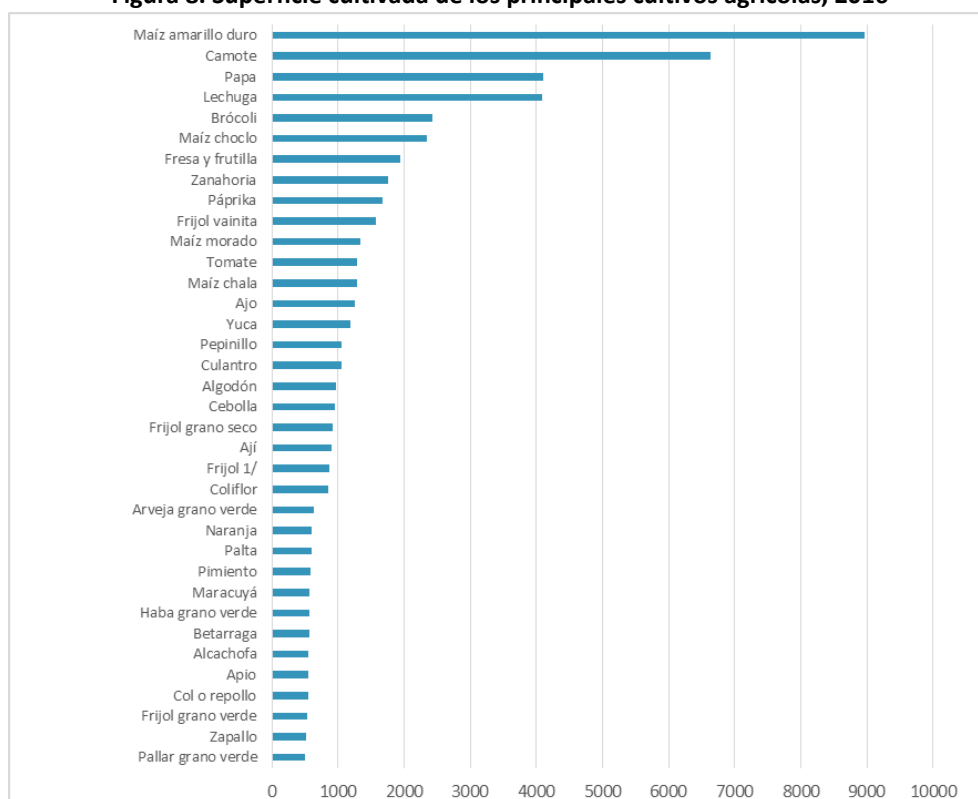
Cultivos	Superficie anual (ha)	Producción anual (t)	Cultivos	Superficie anual (ha)	Producción anual (t)
Aceituna	1	1 310	Maíz amiláceo	426	952
Ají	904	10 510	Maíz chala	1 285	511 159
Ají panca	474	3 537	Maíz choclo	2 341	38 161
Ajo	1 256	8 751	Maíz morado	1 334	9 485
Albahaca	-	18	Mandarina	151	224 950
Alcachofa	554	6 774	Mango	7	9 639

Alfalfa	277	402 277	Maní (Fruta)	109	671
Algodón	976	4 032	Manzana	65	145 681
Apio	550	5 555	Maracuyá	560	21 448
Arándano	117	538	Marigold	10	108
Arveja grano seco	1	2	Mashua o izano	12	8
Arveja grano verde	628	2 952	Melocotón	24	36 952
Betarraga	560	5 924	Melón	213	4 853
Brócoli	2 428	29 473	Membrillo	101	5 439
Caigua	107	825	Nabo	6	41
Camote	6 642	144 089	Naranja	603	36 141
Caña de azúcar (Fruta)	18	407	Níspero	-	1 433
Cebada grano	195	159	Oca	103	272
Cebolla	957	44 769	Olluco	165	549
Chirimoya	33	14 567	Pacae o guaba	5	56
Ciruella	-	726	Pallar grano verde	505	4 510
Col o repollo	549	7 691	Palta	596	92 070
Coliflor	854	11 115	Papa	4 110	106 294
Culantro	1 056	5 846	Papaya	7	381
Espárrago	415	19 517	Páprika	1 681	14 302
Espinaca	259	2 510	Pecana	15	400
Fresa y frutilla	1 939	23 990	Pepinillo	1 056	15 107
Frijol 1/	871	3 692	Pepino	367	10 996
Frijol grano seco	927	2 451	Pera	1	2 004
Frijol grano verde	534	4 417	Pimiento	593	4 516
Frijol vainita	1 574	12 462	Plátano	8	3 654
Granadilla	45	1 020	Poro	272	2 885
Granada	-	1 405	Quinoa	3	15
Guanábana	2	309	Rabanito	-	16
Haba grano seco	79	125	Sandía	303	8 197
Haba grano verde	560	2 222	Tangelo	2	8 032
Higuera	-	686	Tomate	1 294	49 176
Ho lan tao	209	3 011	Toronja	-	178
Lechuga	4 086	27 106	Trigo	254	212
Lima	-	153	Tuna	209	14 088
Limón sutil	-	33	Uva	28	72 773
Lúcuma	8	7 530	Yuca	1 188	36 847
Maca	14	-	Zanahoria	1 761	35 017
Maíz amarillo duro	8 967	205 482	Zapallo	510	19 213

Fuente: INEI 2017

En la siguiente figura se aprecia que durante el año 2016 el maíz amarillo duro fue el cultivo con mayor superficie cosechada en la región Lima.

Figura 8. Superficie cultivada de los principales cultivos agrícolas, 2016



Fuente: INEI 2017

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

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

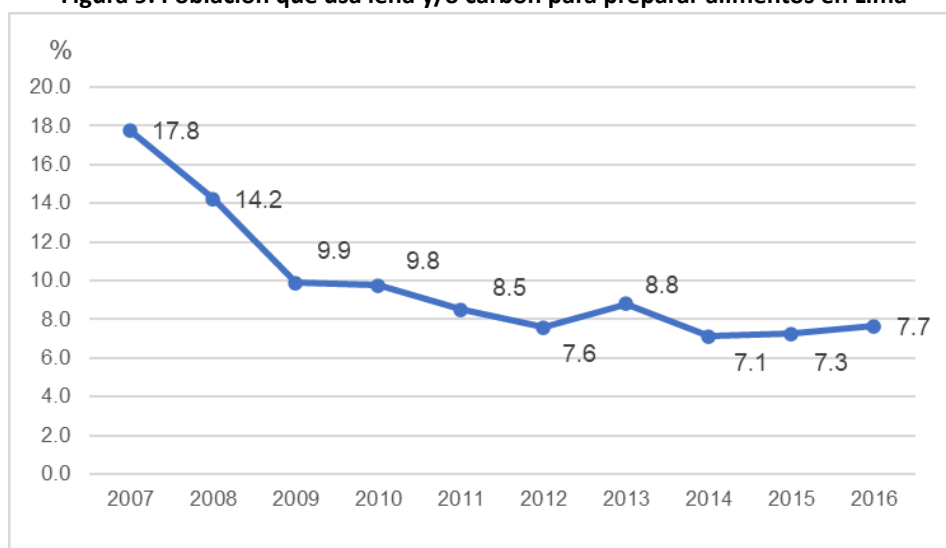
2.3.4.1. Extracción de madera comercial

De acuerdo a la información publicada por SERFOR, en Lima no ha ocurrido extracción de madera en el año 2016.

2.3.4.2. 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 2007 - 2016.

Figura 9. Población que usa leña y/o carbón para preparar alimentos en Lima

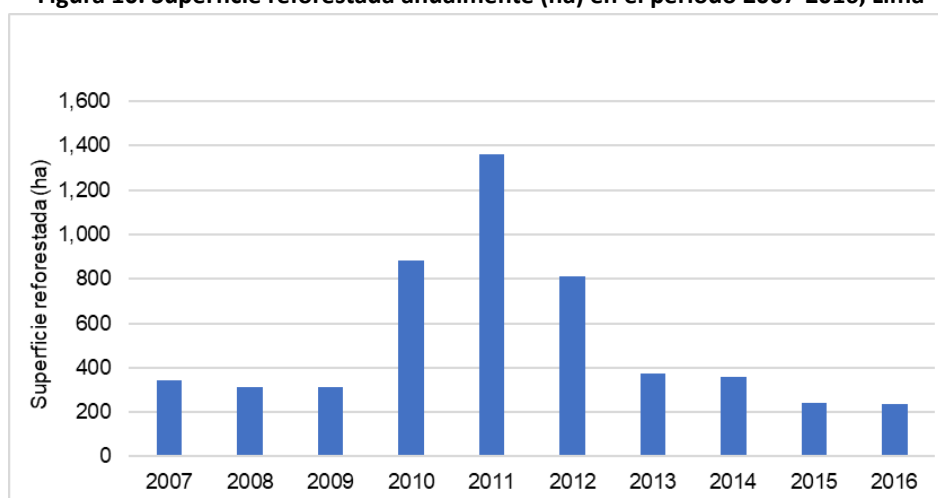


Fuente: INEI. Elaboración propia

2.3.4.3. Reforestación

De acuerdo con SERFOR, se han instalado plantaciones forestales en Lima durante los últimos 10 años. Los registros no especifican las especies ni las edades de estas plantaciones, pero se podría suponer que se trata de especies exóticas, para uso local de leña y madera, y que, además, están ubicadas en la zona sierra de Lima.

Figura 10. Superficie reforestada anualmente (ha) en el periodo 2007-2016, Lima



Fuente: SERFOR - MINAGRI. Elaboración propia

2.3.5. Desechos

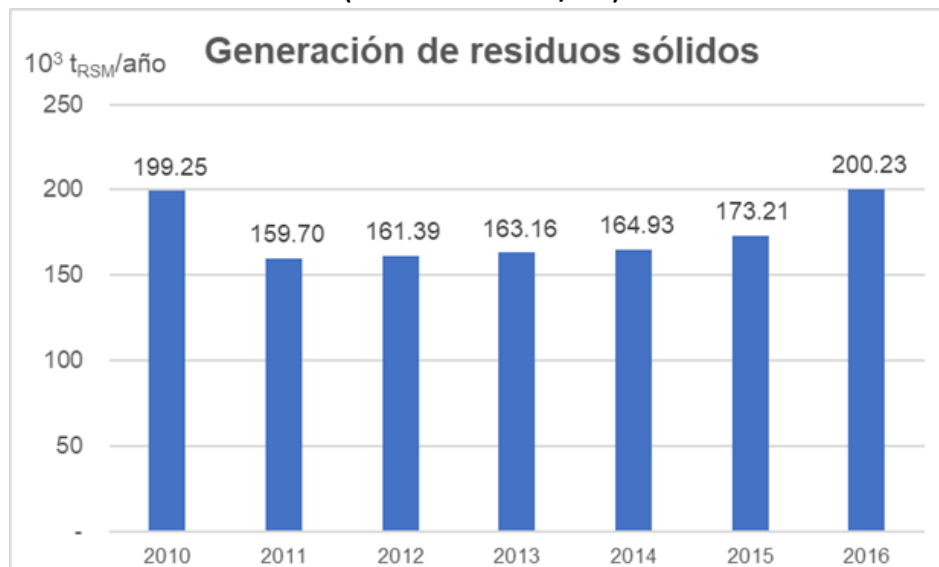
A continuación, se realiza un breve análisis de las principales actividades que generan emisiones de GEI en este sector.

2.3.5.1. Disposición de residuos sólidos

En la región Lima, 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 sólidos⁴ y las estadísticas ambientales proporcionadas por el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA)⁵ se tiene que la generación de residuos sólidos para el año 2016 fue de 200,234 toneladas. Asimismo, en la siguiente figura se muestra la evolución para el periodo de 2010 al 2016:

Figura 11. Generación de residuos sólidos en Lima, 2010 – 2016
(miles de toneladas/año)



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

En la región Lima, se cuenta con un total de un relleno sanitario y 69 botaderos⁶ para la disposición final de sus residuos sólidos.

2.3.5.2. Tratamiento de aguas residuales:

En la región Lima, existen cuatro empresas prestadoras de servicio (EPS) para el servicio de agua y alcantarillado, de éstas solo dos EPS cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)⁷ en funcionamiento: EMAPA Cañete, y la empresa prestadora de servicios SEMAPA Barranca. Estas cuentan con dos y una PTAR respectivamente.

A continuación, se detalla el número de PTAR que se encuentran en funcionamiento:

Tabla 4. Número de PTAR por EPS, en Lima

Empresa	Nº de PTAR en funcionamiento
EMAPA Huaral SA	-
EMAPA Cañete SA	2
EPS Lima Norte SA – Huaura*	-
SEMAPA Barranca	1

Fuente: Diagnostico de las PTAR en el ámbito de operación de las EPS, SUNASS 2015

(*) Esta PTAR, no está en funcionamiento, por tanto, no se tiene información de la cantidad de efluentes recepcionados y tratados.

Las PTAR para el tratamiento de las aguas residuales, realizan lo siguiente: i) tratamiento preliminar, ii) tratamiento primario y iii) tratamiento secundario.

A continuación, se describe cada uno de los tipos de tratamiento utilizados:

⁴ Elaborados por el MINAM, disponible en el siguiente link: <https://sites.google.com/minam.gob.pe/dgrs/p%C3%A1gina-principal>

⁵ Disponible en el siguiente link: <https://sinia.minam.gob.pe/>

⁶ Fuente: SIGERSOL, <https://sigersol.minam.gob.pe/>

⁷ Fuente: <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>

A. Tratamiento Preliminar

En el tratamiento preliminar, se incorpora procesos que permitan la remoción de: arena, elementos gruesos, aceites y grasas. Para ello, se utilizan unidades de tratamiento preliminar como: rejas, tamizador, desarenador y desengrasador.

En la siguiente tabla, se muestra el número de PTAR, administradas por las EMAPA Cañete y SEMAPA Barranca, que tienen implementado algún tipo de tratamiento preliminar:

Tabla 5. PTAR con tratamiento preliminar en región Lima

Empresa	PTAR en funcionamiento	PTAR con tratamiento preliminar		
		Reja	Desarenador	Afluyente por bombeo
EMAPA Cañete SA	2	1	0	2
SEMAPA Barranca	1	1	0	0

Fuente: Diagnostico de las PTAR en el ámbito de operación de las EPS, SUNASS 2015

B. Tratamiento Primario

En el tratamiento primario, se retira la materia en suspensión, produciéndose lodo orgánico que requiere un tratamiento adicional, para lo cual, se emplean: tanque Imhoff, tanque séptico o sedimentador primario; los cuales, incorporan en su diseño la estabilización de los lodos sedimentados.

En la siguiente tabla, se muestra el número de PTAR, administradas por las EPS EMAPA Cañete y SEMAPA Barranca; sin embargo, estas no tienen implementado algún tipo de tratamiento primario:

Tabla 6. PTAR con tratamiento primario en región Lima

Empresa	PTAR en funcionamiento	N° de PTAR con tratamiento primario	
		Tanque IMHOFF	Sedimentador primario
EMAPA Cañete SA	2	-	-
SEMAPA Barranca	1	-	-

Fuente: Diagnostico de las PTAR en el ámbito de operación de las EPS, SUNASS 2015

C. Tratamiento Secundario

En el tratamiento secundario, se remueve toda la materia orgánica biodegradable, y los sólidos en suspensión, esto con el fin de cumplir con los límites máximos permisibles de DBO5, DQO y sólidos suspendidos. Para ello, se utiliza el tratamiento tipo lagunas (anaerobias, facultativas y aireadas), ya sea de manera individual o combinada. Así mismo se puede utilizar tecnología como la de lodos activados.

En la siguiente tabla, se muestra el número de PTAR, administradas por las EPS EMAPA Cañete y SEMAPA Barranca, que tienen implementado algún tipo de tratamiento secundario:

Tabla 7. PTAR con tratamiento secundario en región Lima

Empresa	PTAR en funcionamiento	N° de PTAR con tratamiento secundario			
		Sin Tratamiento secundario	Lagunas anaerobias + lagunas aireadas	Lagunas anaerobias + lagunas facultativas	Lagunas facultativas
EMAPA Cañete SA	2	-	-	-	2

SEMAPA Barranca	1	1	-	1	-
-----------------	---	---	---	---	---

Fuente: Diagnóstico de las PTAR en el ámbito de operación de las EPS, SUNASS 2015

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 la región Lima, 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 la región Lima 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 Evaluación⁸.

Cuadro 1. Fórmula básica para estimar las emisiones de GEI

Para estimar una emisión o absorción de GEI de una fuente específica 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 12. Ecuación básica para el cálculo de las emisiones de GEI



Los principales GEI incluidos en un inventario son:



⁸ 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 (CO₂eq). Para ello, los GEI distintos del dióxido de carbono son convertidos a su valor de CO₂eq 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 13. Ecuación de emisiones de GEI (CO₂eq)

$$\text{Emisiones de GEI } GgCO_2eq = GgCO_2 + GgCH_4 \times 21 + GgN_2O \times 310$$

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 Lx,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 de región Lima fueron de 9,346.96 GgCO₂, 77.69 GgCH₄ y 2.17 GgN₂O que equivalen a 11,651.67 GgCO₂eq, representando el 5.68% de las emisiones del país.

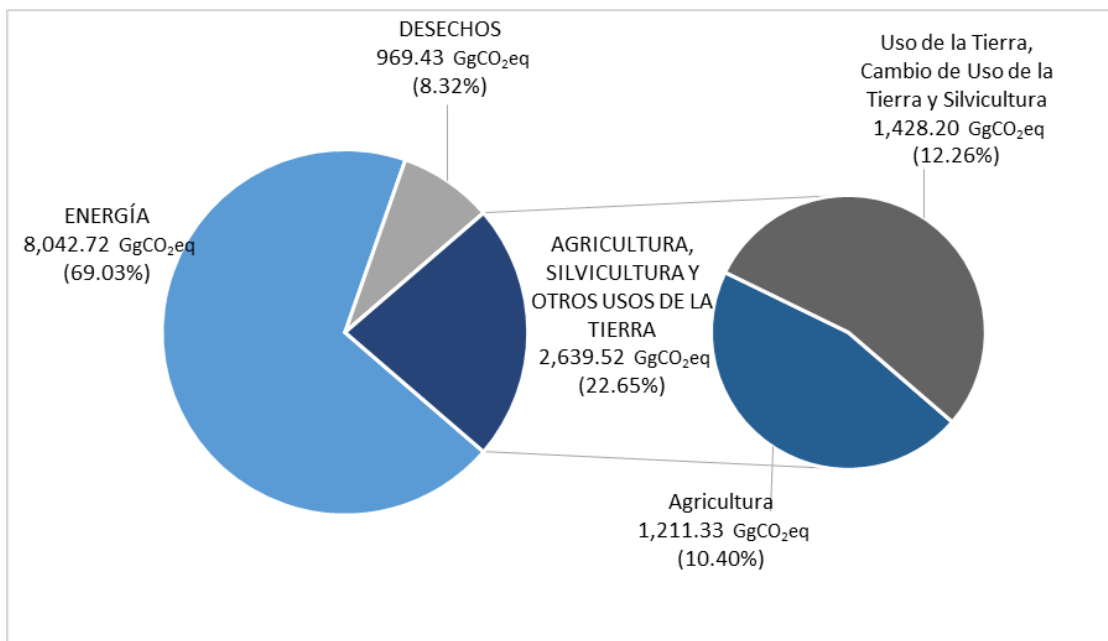
La principal fuente de emisiones de GEI proviene del sector Energía, con 8,042.72 GgCO₂eq, que representa el 69.03% de las emisiones totales. El segundo sector con mayor participación de emisiones GEI es el sector de Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra, con 2,639.52 GgCO₂eq, que representa el 22.65% de las emisiones totales. Este sector incluye las emisiones de los sectores de Agricultura y UTCUTS, que reportan 1,211.33 GgCO₂eq y 1,428.20 GgCO₂eq, respectivamente.

Los dos sectores descritos previamente representan el 91.68% del total de las emisiones de GEI de la región Lima, para el año 2016.

El tercer sector que contribuye a las emisiones de GEI es el sector Desechos con 969.43 GgCO₂eq (8.32%). Para el caso del sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP), no se contó con suficiente información de la región para realizar las estimaciones de GEI.

En la siguiente figura, se presenta la distribución de las emisiones de la región Lima según los sectores IPCC.

Figura 14. 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 GgCO₂eq por categorías y subcategorías sectoriales.

Tabla 8. Emisiones y remociones de gases de efecto invernadero de región Lima del año 2016

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Dióxido de carbono [GgCO ₂]	Metano [GgCO ₂ eq]	Óxido nítrico [GgCO ₂ eq]	Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]
1	Energía	7,911.02	105.42	26.28	8,042.72
1A	Actividades de quema de combustibles	7,911.02	65.76	26.28	8,003.07
1A1	Industrias de la energía	6,657.38	4.82	8.24	6,670.43
1A1a	Producción de electricidad y calor como actividad principal	6,472.73	4.75	8.13	6,485.61
1A1ai	Generación de electricidad: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN)	6,472.52	4.75	8.13	6,485.40
1A1ai	Generación de electricidad: Sistema Aislado (SA)	0.20	0.0002	0.001	0.20
1A1c	Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas	184.65	0.07	0.10	184.82
1A1cii	Otras industrias de la energía	184.65	0.07	0.10	184.82
1A2	Industrias manufactureras y de la construcción	178.28	0.20	0.45	178.93
1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	50.54	0.07	0.18	50.79
1A2m	Industria no especificada	127.74	0.13	0.27	128.14
1A3	Transporte	795.21	4.92	13.13	813.26
1A3b	Terrestre	795.21	4.92	13.13	813.26
1A4	Otros sectores	280.15	55.83	4.47	340.45
1A4a	Comercial/Institucional	19.51	0.07	0.04	19.62
1A4b	Residencial	217.23	50.01	3.20	270.43
1A4c	Agricultura	22.31	5.69	1.17	29.17
1A4c	Pesca	21.11	0.07	0.06	21.23
3	Agricultura	6.17	570.83	634.33	1,211.33
3A	Ganadería		513.56	26.45	540.01
3A1	Fermentación entérica		494.34		494.34
3A2	Manejo del estiércol		19.22	26.45	45.67
3C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ en la tierra	6.17	2.73	1.96	671.32
3C1	Emisiones por quema de biomasa		57.27	73.03	130.30
3C3	Aplicación de urea	6.17			6.17
3C4	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados			363.94	363.94
3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados			120.67	120.67
3C6	Emisiones indirectas de N ₂ O por manejo del estiércol			50.24	50.24
3	UTCUTS	1,428.20			1,428.20
3B	Tierras	1,428.20			1,428.20
3B1	Tierras forestales (TF)	1,476.78			1,476.78
3B1a	TF que permanecen como TF	1,477.37			1,477.37
3B1b	Tierras convertidas en TF	-0.59			-0.59
3B2	Tierras de cultivo (TC)	-10.11			-10.11
3B2a	TC que permanecen como TC	-11.22			-11.22
3B2b	Tierras convertidas en TC	1.12			1.12
3B3	Pastizales (P)	-57.15			-57.15
3B3b	Tierras convertidas en P	-57.15			-57.15
3B5	Asentamientos (AT)	8.53			8.53
3B5b	Tierras convertidas en AT	8.53			8.53

3B6	Otras Tierras (OT)	10.15			10.15
3B6b	Tierras convertidas en OT	10.15			10.15
4	Desechos	1.58	955.21	12.64	969.43
4A	Eliminación de desechos sólidos		909.88		909.88
4C	Incineración e incineración abierta de desechos	1.58	0.49	0.14	2.20
4C2	Incineración abierta de desechos	1.58	0.49	0.14	2.20
4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales		44.85	12.50	57.35
4D1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas		31.02	12.50	43.53
4D1a	Emisiones de metano		31.02		31.02
4D1b	Emisiones de óxido nitroso			12.50	12.50
4D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		13.82		13.82
Total		9,346.96	1,631.46	673.26	11,651.67

Fuente: Elaboración propia

4.2. Categorías principales

El análisis de las categorías principales del IRGEI 2016 de la región Lima, se realizó aplicando el método “evaluación de nivel” establecido por las Directrices en mención, el cual ha permitido identificar doce categorías principales, cinco del sector Energía, cuatro del sector Agricultura, dos del sector UTCUTS, y uno del sector Desechos.

Las categorías de mayor aporte corresponden a las emisiones de dióxido de carbono de “Generación de electricidad: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN)” (54.90%) que corresponde al sector Energía; “Tierras forestales que permanecen como tierras forestales” (12.53%), la cual corresponde al sector UTCUTS y “Transporte terrestre” (6.74%) que corresponde al sector Energía.

Respecto a las categorías identificadas como principales para las emisiones de metano, se identificaron las siguientes: “Fermentación entérica” y “Eliminación de desechos sólidos”.

En lo referido a las categorías identificadas como principales para las emisiones de óxido nitroso, se identificaron a las “Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados”.

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

Tabla 9. Análisis de categorías principales – región Lima 2016

Código IPCC	Categoría del IPCC	GEI	Estimación del último año (Ex,2016)	Estimación del último año (Ex,2016)	Valor absoluto de la estimación del último año	Evaluación de nivel	Total acumulativo
			[GgGEI]	[GgCO ₂ eq]	Ex, 2016	Lx, 2016	[%]
1A1a	Generación de electricidad: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN)	CO ₂	6,472.52	6,472.52	6,472.52	54.90%	54.90%
3B1a	Tierras forestales que permanecen como tierras forestales	CO ₂	1,477.37	1,477.37	1,477.37	12.53%	67.43%

4A	Eliminación de Desechos Sólidos	CH ₄	43.33	909.88	909.88	7.72%	75.15%
1A3b	Transporte terrestre	CO ₂	795.21	795.21	795.21	6.74%	81.89%
3A1	Fermentación entérica	CH ₄	23.54	494.34	494.34	4.19%	86.09%
3C4	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O	1.17	363.94	363.94	3.09%	89.17%
1A4b	Residencial	CO ₂	217.23	217.23	217.23	1.84%	91.02%
1A1ci	Otras industrias de la energía	CO ₂	184.65	184.65	184.65	1.57%	92.58%
1A2m	Industria no especificada	CO ₂	127.74	127.74	127.74	1.08%	93.67%
3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O	0.39	120.67	120.67	1.02%	94.69%
3C1c	Quema de biomasa pastizales	N ₂ O	0.23	71.38	71.38	0.61%	95.30%
3B3b	Tierras convertidas en pastizales	CO ₂	-57.15	-57.15	57.15	0.48%	95.78%

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 del carbón (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:

Tabla 10. 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 ₂ O SO ₂ , NO _x , CO, COVDM
1A2	Subcategoría	Industrias de manufactura y construcción	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O SO ₂ , NO _x , CO, COVDM
1A4	Subcategoría	Otros sectores	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O 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 ₂ O

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 a las emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles (1B), específicamente por la producción de carbón mineral.

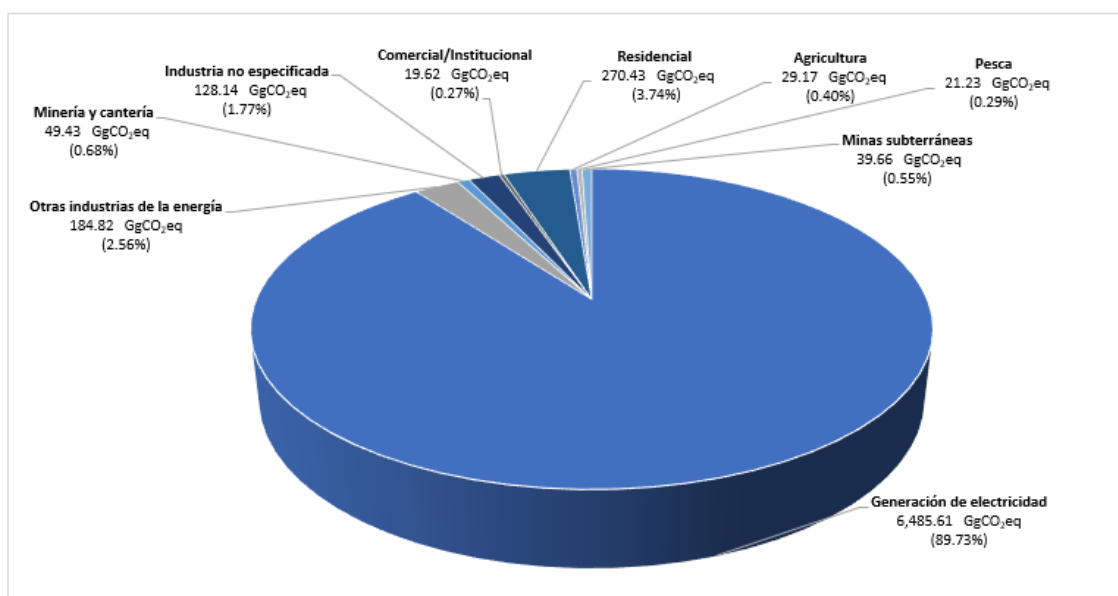
En el año 2016, las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles en este sector fueron de 7,228.10 GgCO₂eq, que representan el 62.03% de las emisiones totales de la región Lima.

La principal fuente de emisión es la subcategoría generación de electricidad con 6,485.61 GgCO₂eq, que representa el 89.73% de las emisiones totales del sector.

Por otro lado, la subcategoría Residencial (3.74%), otras industrias de la energía (2.56%), industria no especificada (1.77%), Minería (con excepción de combustibles) y cantería (0.68%), Minas subterráneas (0.55%), agricultura (0.40%), pesca (0.29%) y comercial/institucional (0.27%), representan el 10.27% restante.

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

Figura 15. Distribución de emisiones por subcategorías del sector energía - combustión estacionaria, 2016



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la siguiente tabla se presenta los resultados del sector en unidades de GgCO₂eq por subcategorías.

Tabla 11. 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 ₂ eq)	Emisiones de N ₂ O (GgCO ₂ eq)	Emisiones totales de GEI (GgCO ₂ eq)
1	Energía	7,114.45	100.50	13.15	7,228.10
1A	Actividades de quema de combustibles	7,114.45	60.84	13.15	7,188.45
1A1	Industrias de energía	6,657.38	4.82	8.24	6,670.43
1A1a	Producción de electricidad y calor como actividad principal	6,472.73	4.75	8.13	6,670.43
1A1ai	Generación de electricidad - SEIN	6,472.52	4.75	8.13	6,485.40
1A1ai	Generación de electricidad - SA	0.20	0.0002	0.001	0.20
1A1c	Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas	184.65	0.07	0.10	184.82
1A1cii	Otras industrias de la energía	184.65	0.07	0.10	184.82
1A2	Industrias manufacturas y de la construcción	176.92	0.20	0.45	177.57
1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	49.18	0.07	0.18	49.43
1A2m	Industria no especificada	127.74	0.13	0.27	128.14
1A4	Otros sectores	280.15	55.83	4.47	340.45
1A4a	Comercial/Institucional	19.51	0.07	0.04	19.62
1A4b	Residencial	217.23	50.01	3.20	270.43
1A4c	Agricultura	22.31	5.69	1.17	29.17
1A4c	Pesca	21.11	0.07	0.06	21.23
1B	Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	-	39.66	-	39.66
1B1ai	Minas subterráneas	-	39.66	-	39.66

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
 - 1A1c: Otras industrias de la energía
- ❖ 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

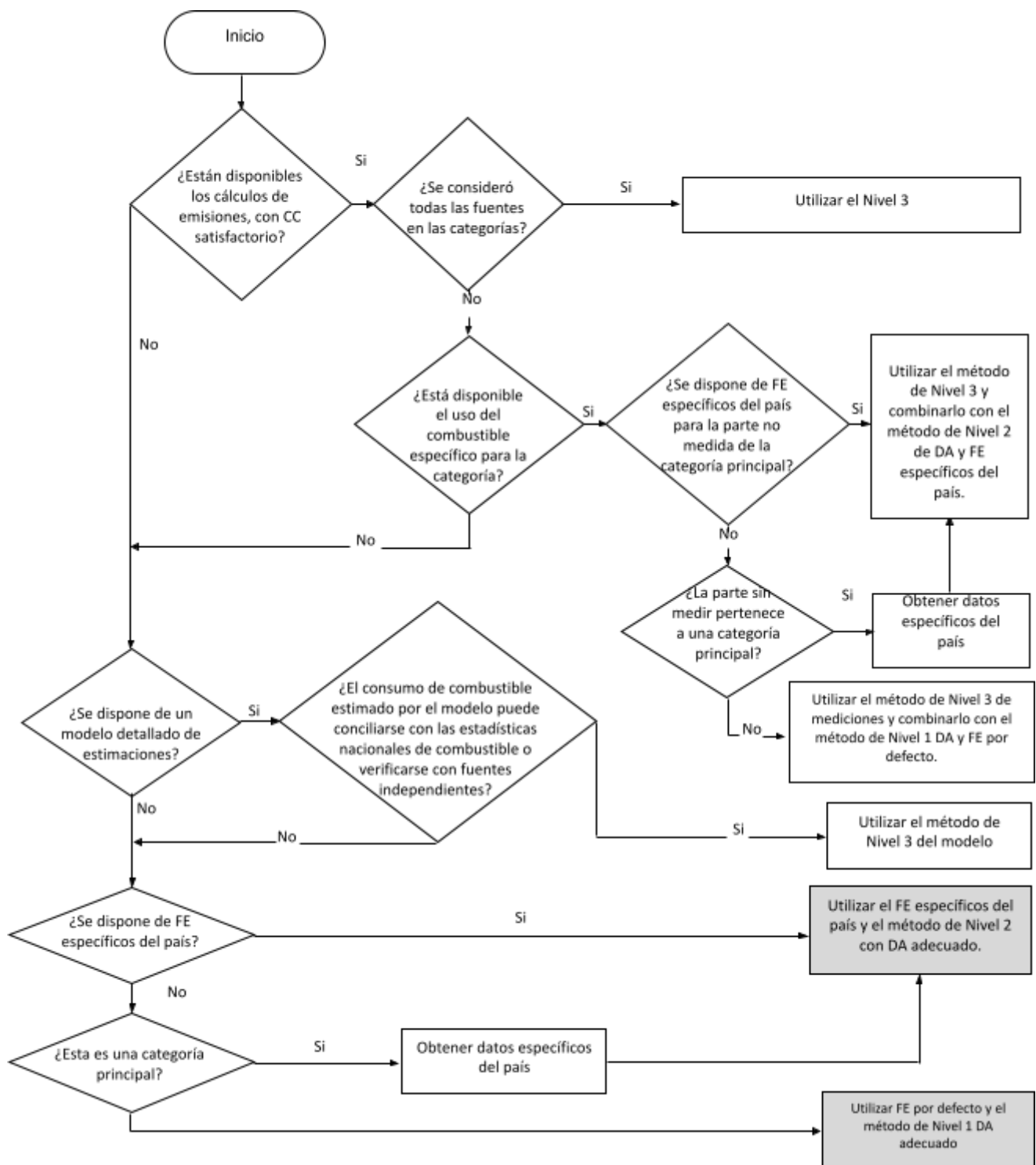
Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

- 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 tecnología⁹ 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.

⁹ Tipo de combustible usado, tecnología de combustión, condiciones de uso, tecnología de control, así como de mantenimiento y antigüedad del equipo

Figura 16. 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 CO₂, CH₄ y N₂O 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, con excepción de las emisiones generadas por la quema del gas natural, se aplicó el método del Nivel 1.

Las emisiones generadas por la quema de combustible del gas natural fueron estimadas aplicando el método de Nivel 2 porque se utilizó el factor de emisión del gas natural específico del país.

5.2.2. 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				
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 (gal), petróleo industrial (gal), bagazo (t), biogás (m ³) y biocombustible (gal)	Dato de actividad directo de: Hoja 2.13 del libro Excel: 2. ESTADÍSTICA ELÉCTRICA POR REGIONES 2016.xls, del Anuario estadístico de electricidad 2016. Dirección General de Electricidad (MINEM) ¹⁰
1A1ci _i	Otras industrias de la energía	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	Gas natural (m ³)	
1A2	Industrias manufactureras y de la construcción				

¹⁰ Disponible en: <http://www.minem.gob.pe/estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=11738>

	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) ¹¹ b. Hoja cuadro 2 del libro Excel: pbi_act03_10.xls del Producto Bruto Interno por departamento (INEI 2019) ¹²
	1A2m	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	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

¹¹ Disponible en: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/BNE_2016.pdf

¹² Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/producto-bruto-interno-por-departamentos-9089/>

					departamento del Perú, en el sector “Administración pública y defensa” 2016	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) ¹³
	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

¹³ Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1391/libro.pdf

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, a excepción del factor de emisión del CO₂ del gas natural que es un valor específico del país.

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 13. Factores de emisión por tipo de combustibles

Combustible		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
		FE por defecto (kgCO ₂ /TJ)	FE por defecto (kgCH ₄ /TJ)	FE por defecto (kgN ₂ O/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 14. Valor Calórico Neto 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 las Directrices del IPCC de 2006
Carbón vegetal	2.95E-02	TJ/t	Cálculo a partir de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Kerosene	3.55E-02	TJ/gal	Cálculo a partir 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 2006
Etanol	9.05E-05	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Biocombustible	9.05E-05	TJ/gal	Cálculo a partir de datos de las Directrices del IPCC de 2006
Biogás (vertedero)	6.12E-05	TJ/m ³	Cálculo a partir 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 15. Densidad de los combustibles

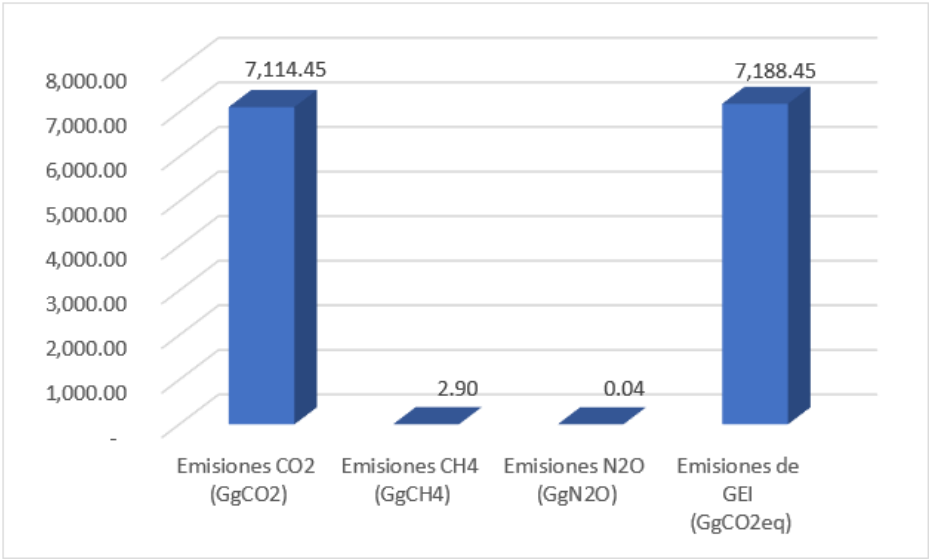
Combustible	Densidad	Unidad	Fuente
Petróleo Industrial 6	3.71E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Petróleo Industrial 500	3.75E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Petróleo Industrial	3.73E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gasolina	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 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 7,114.45 GgCO₂, 4.79 GgCH₄ y 0.04 GgN₂O que equivalen a 7,228.10 GgCO₂eq, representando el 99.45% de las emisiones del sector.

Figura 17. Emisiones de GEI generados actividades de quema de combustibles, año 2016



Fuente: Elaboración propia

5.3. Emisiones fugitivas provenientes por 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

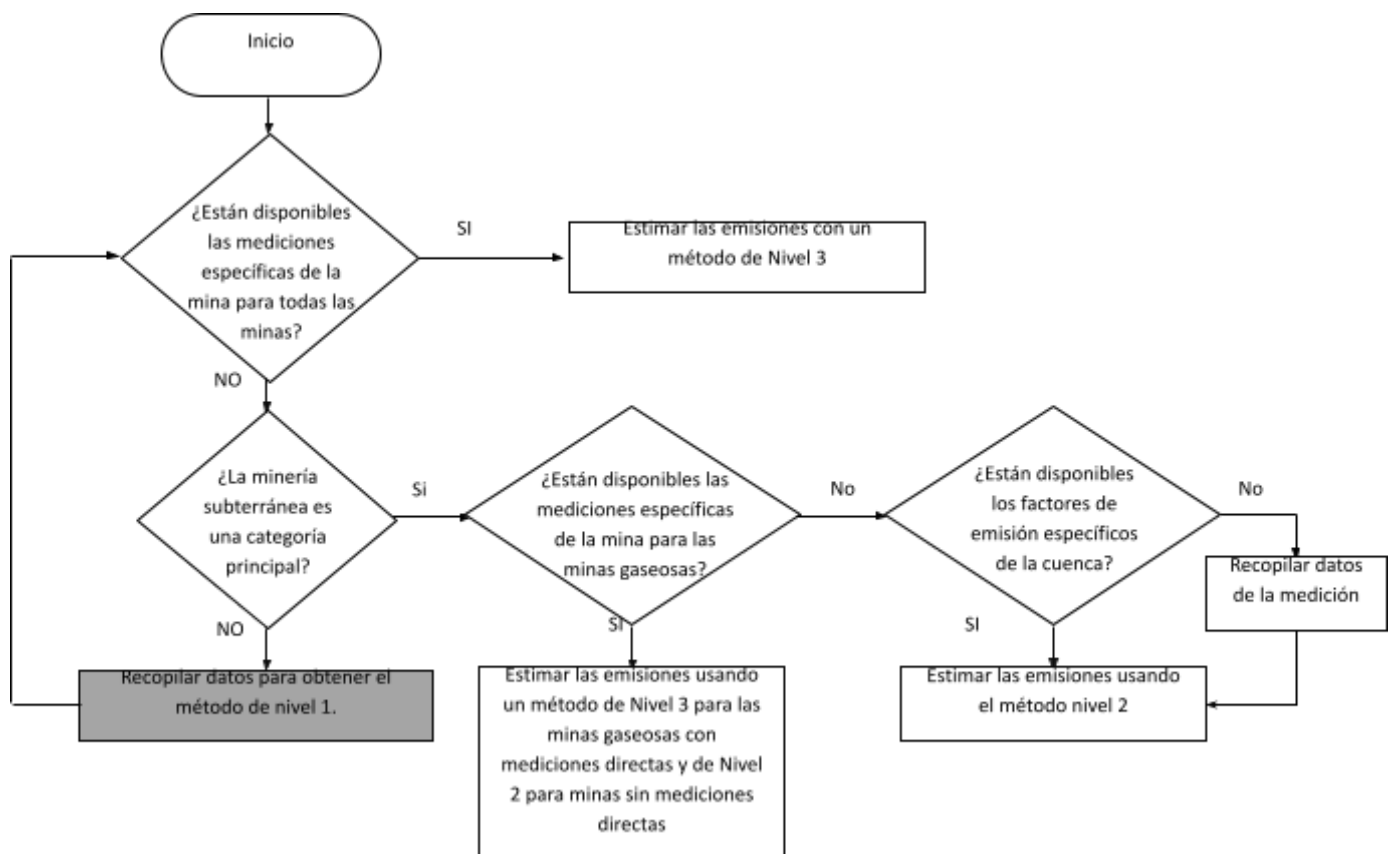
Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para esta subcategoría, cuyas características se describen a continuación:

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.

Figura 18. Árbol de decisión para las minas de carbón subterráneo



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 16. 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 17. Factor de emisión del metano de la minería subterránea del carbón

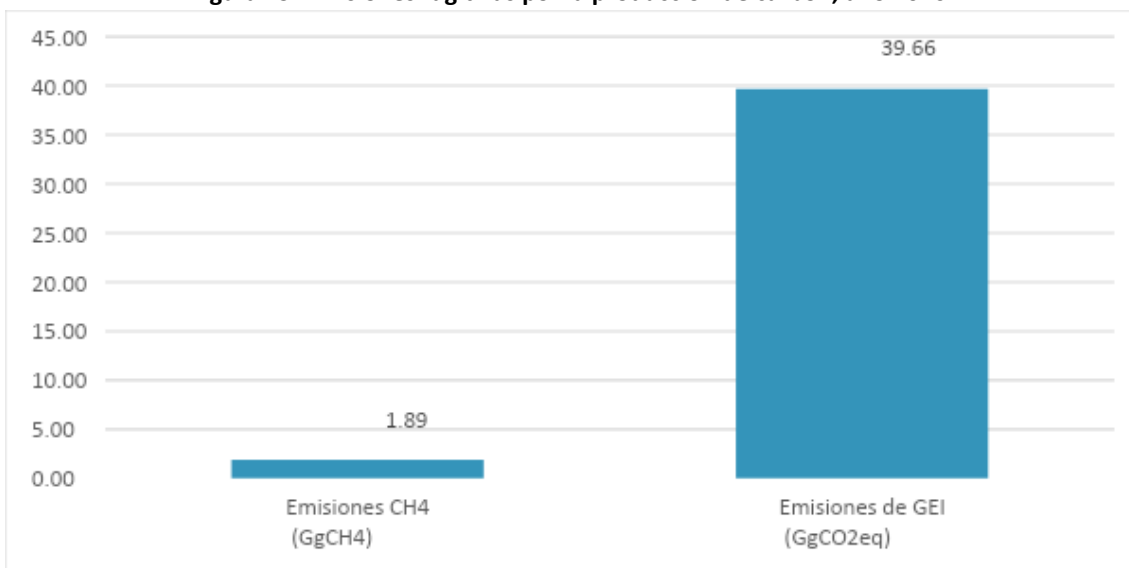
Etapa	CH ₄
	FE por defecto (m ³ /t)
Extracción	17.5
Post-extracción	2.45

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 carbono fueron de 1.89 GgCH₄ que equivalen a 39.66 GgCO₂eq, representando el 0.53% de las emisiones del sector.

Figura 19. Emisiones fugitivas por la producción de carbón, 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), 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 18. 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 ₂ O SO ₂ , NO _x , CO, COVDM
1A3b	Subcategoría	Transporte terrestre	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O SO ₂ , NO _x , CO, COVDM
1A3d	Subcategoría	Navegación marítima y fluvial	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O SO ₂ , NO _x , CO, COVDM
1A3e	Subcategoría	Otro tipo de transporte	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O 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 terrestre. Las emisiones de GEI generadas por la aviación civil (1A3a), ferrocarriles (1A3C), navegación marítima y fluvial (1A3d) y transporte por tubería (1A3ei) no han sido estimadas debido a que dichas actividades no ocurren en la región Lima para el año 2016.

En el año 2016, las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles en este sector fueron de 813.26 GgCO₂eq, que representan el 7.68% de las emisiones totales de la región Lima.

Asimismo, en la siguiente tabla se presenta los resultados del sector en unidades de GgCO₂eq por subcategorías.

Tabla 19. Resultados de emisiones de GEI del sector Energía – combustión móvil

Fuentes de GEI		Emisiones CO ₂ (GgCO ₂)	Emisiones CH ₄ (GgCO ₂ eq)	Emisiones N ₂ O (GgCO ₂ eq)	Emisiones de GEI [GgCO ₂ eq]
1	Energía	795.21	4.92	13.13	813.26
1A	Actividades de quema de combustibles	795.21	4.92	13.13	813.26
1A3	Transporte	795.21	4.92	13.13	813.26
1A3 b	Transporte terrestre	795.21	4.92	13.13	813.26
1A3 bi	Automóviles	214.42	3.04	2.49	219.95
1A3 bii	Camiones para servicio ligero	308.28	0.80	4.86	313.94

1A3 biii	Camiones para servicio pesado y autobuses	259.47	0.93	5.61	266.01
1A3 biv	Motocicletas	13.04	0.15	0.17	13.36

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 Perú¹⁴.

Tabla 20. 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 (CO₂); y tres niveles para el cálculo de metano y óxido nitroso (CH₄ y N₂O).

Para las emisiones de CO₂

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando la cantidad de combustible vendido para el transporte terrestre y los factores de CO₂ por defecto.

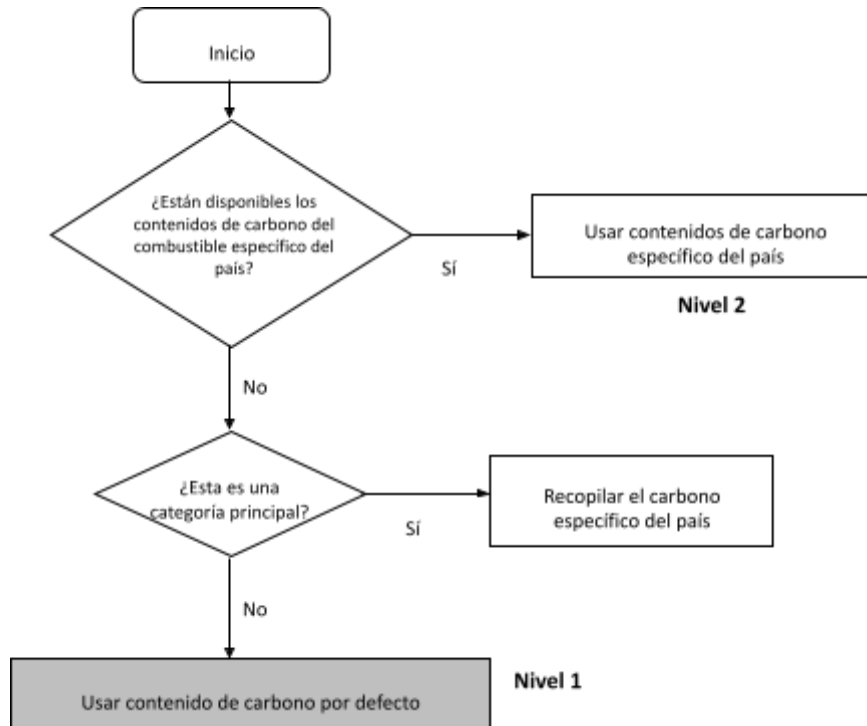
¹⁴ Directiva N° 002-2006- MTC/15, “Clasificación vehicular y estandarización de características registrables vehiculares”, aprobada por Resolución Directoral N° 4848-2006-MTC/15.

Disponible en el siguiente link: www.transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/directivas/1_0_1743_.pdf

- 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 CO₂ por quema de combustible en vehículos.

Figura 20. Árbol de decisión para las emisiones de CO₂ 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:

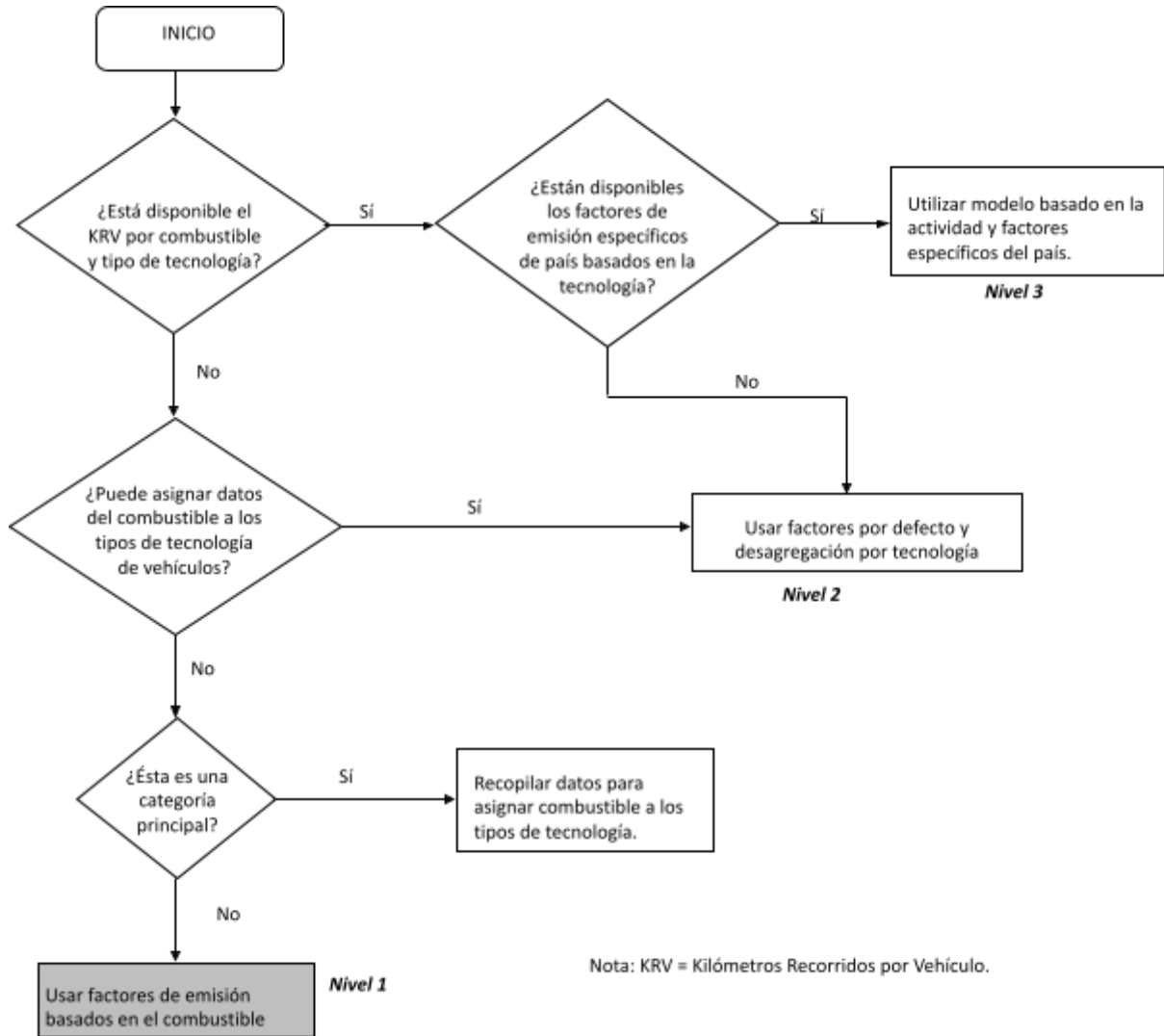
- No se cuenta con factores de emisión específicos de los combustibles, a excepción del gas natural.
- Esta categoría representa una categoría principal.

Por lo anterior, el método de cálculo aplicado para la estimación de emisiones de GEI esta subcategoría, con excepción de las emisiones generadas por la quema del gas natural, es el nivel 1.

Para las emisiones de CH₄ y N₂O

- 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 21. Árbol de decisión para las emisiones de CH₄ y N₂O 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.
- Esta subcategoría 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.

6.2.2. Datos de actividad

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

Tabla 21. 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	Transporte terrestre				
1A3b <i>i</i>	Automóviles	Cantidad de combustible quemado	a. Venta total de GNV b. Demanda de establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP), sin incluir grifos flotantes. c. Parque Automotor circulante de autos y station wagon. d. Parque automotor inscrito de autos y station wagon.	a. Metros cúbicos (m ³) b. Miles de Barriles (MB). c. Parque automotor circulante: Unidades de autos y station wagon. d. Parque automotor inscritos: unidades de autos y station wagon por tipo de combustible	a. INFOGAS: 2. Infogas-Estadísticas_Historico_Anual_al_2017.xlsx b. Libro Excel: RQ_Comb_VF_2005_2018 OSINERGMIN –SCOP (s.f). c. 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 ¹⁵ d. Libro Excel: Parque automotor registrado por tipo de combustible 2007-2016. Elaborado por la Oficina de estadística OGPP del MTC (s.f).
1A3b <i>ii</i>	Camiones para servicio ligero		a. Venta total de GNV b. Demanda de establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP), sin incluir grifos flotantes. c. Parque Automotor circulante de camiones para servicio ligero. d. Parque automotor inscrito de camiones para servicio ligero.	a. Metros cúbicos (m ³) b. Miles de Barriles (MB). c. Parque automotor circulante: Unidades de camionetas: Pick up, rurales y panel. d. Parque automotor inscritos: unidades de camionetas: Pick up, rurales y panel.	
1A3b <i>iii</i>	Camiones para servicio pesado y autobuses		a. Venta total de GNV b. Demanda de establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP), sin incluir grifos flotantes.	a. Metros cúbicos (m ³) b. Miles de Barriles (MB). c. Parque automotor circulante: Unidades de camiones de servicio pesado y ómnibus.	

¹⁵ Disponible en: <http://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/transportes.html>

						<ul style="list-style-type: none"> c. Parque Automotor circulante de camiones para servicio pesado y autobuses. d. Parque automotor inscritos de camiones para pesado y autobuses. 	<ul style="list-style-type: none"> d. Parque automotor inscritos: unidades de camiones de servicio pesado y ómnibus. 	
			1A3b <i>iv</i>	Motocicleta		<ul style="list-style-type: none"> a. Venta total de GNV b. Demanda de establecimiento de venta al público de combustibles líquidos (EVP), sin incluir grifos flotantes. c. Parque automotor inscritos de motos. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Metros cúbicos (m³) b. Miles de Barriles (MB). c. Parque automotor inscritos: unidades de motos y motocicletas. 	

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 22. Factores de emisión de CO₂

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 23. Factores de emisión de CH₄ y N₂O

Tipo de combustible	Metano (KgCH ₄ /TJ)	Óxido Nitroso (KgN ₂ O/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 24. 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 Calidda
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 25. Densidades de los combustibles.

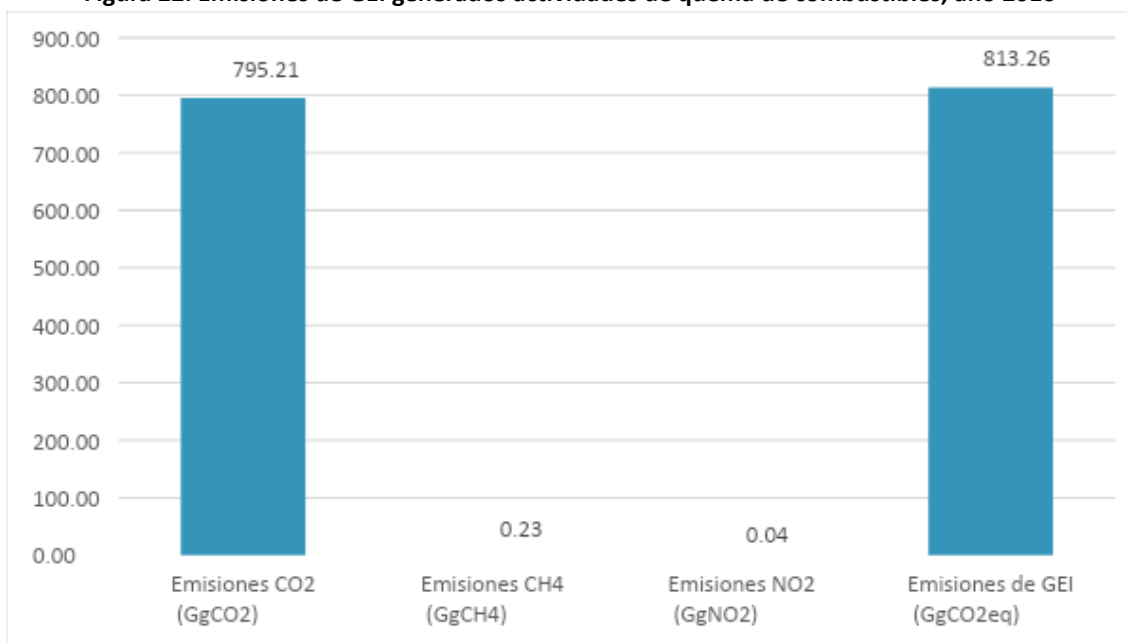
Combustible	Densidad	Unidad	Fuente
Gasolina	2.73E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Diésel	3.14E-06	Gg/gal	Cálculo a partir de datos de REPSOL
Gas Licuado de Petróleo	5.58E-04	Gg/m ³	Cálculo a partir de datos de REPSOL y PETROPERU
Gas Natural	7.88E-07	Gg/m ³	Cálculo a partir de datos de Calidda
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 795.21 GgCO₂, 0.23 GgCH₄ y 0.04 GgN₂O que equivalen a 813.26 GgCO₂eq, representando el 100% de las emisiones del sector.

Figura 22. Emisiones de GEI generados actividades de quema de combustibles, 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-CO₂ 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 ₂ O
3C	Categoría	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra	
3C1	Subcategoría	Emisiones por quema de biomasa	CH ₄ , N ₂ O
3C2	Subcategoría	Encalado	CO ₂
3C3	Subcategoría	Aplicación de urea	CO ₂
3C4	Subcategoría	Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados	N ₂ O
3C5	Subcategoría	Emisiones indirectas de N ₂ O de los suelos gestionados	N ₂ O
3C6	Subcategoría	Emisiones indirectas de N ₂ O por manejo del estiércol	N ₂ O
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 1,211.33 GgCO₂eq, que representan el 10.40% de las emisiones totales de la región Lima. 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	Dióxido de Carbono [GgCO ₂]	Metano [GgCO ₂ eq]	Óxido nítrico [GgCO ₂ eq]	Emisiones de GEI [GgCO ₂ eq]
3	Agricultura	6.17	570.83	634.33	1,211.33
3.A	Ganadería		513.56	26.45	540.01
3.A.1	Fermentación entérica		494.34		494.34
3.A.1.a	Ganado vacuno		419.43		419.43
3.A.1.a.i	<i>Vacas lecheras</i>		170.37		170.37
3.A.1.a.ii	<i>Otro ganado vacuno</i>		249.06		249.06
3.A.1.c	Ovino		33.55		33.55
3.A.1.d	Caprino		18.38		18.38
3.A.1.e	Llama y alpaca		10.19		10.19
3.A.1.f	Caballos		4.69		4.69
3.A.1.g	Mulas y asnos		5.18		5.18
3.A.1.h	Porcinos		2.72		2.72
3.A.1.j	Otros: cuyes		0.19		0.19
3.A.2	Manejo de estiércol		19.22	26.45	45.67
3.A.2.a	Ganado vacuno		5.42	10.01	15.43

3.A.2.a.i	<i>Ganado vacuno lechero</i>		1.63	7.25	8.88
3.A.2.a.ii	<i>Otro ganado vacuno</i>		3.78	2.76	6.55
3.A.2.c	Ovino		1.01	-	1.01
3.A.1.d	Caprino		0.63	-	0.63
3.A.1.e	Llama y alpaca		0.39	2.10	2.50
3.A.1.f	Caballos		0.43	-	0.43
3.A.1.g	Mulas y asnos		0.47	-	0.47
3.A.1.h	Porcinos		2.72	3.49	6.21
3.A.1.i	Aves		7.97	10.84	18.81
3.A.1.j	Otros: cuyes		0.19	-	0.19
3C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ en la tierra	6.17	57.27	607.89	671.32
3.C.1	Emisiones por quema de biomasa		57.27	73.03	130.30
3.C.1.b	Quema de biomasa en tierras de cultivo		4.31	1.65	5.96
3.C.1.c	Quema de biomasa en Pastizales		52.96	71.38	124.34
3.C.3.	Aplicación de urea	6.17			6.17
3.C.4.	Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados			363.94	363.94
3.C.5.	Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados			120.67	120.67
3.C.6.	Emisiones indirectas de N₂O por manejo del estiércol			50.24	50.24

Fuente: Elaboración propia

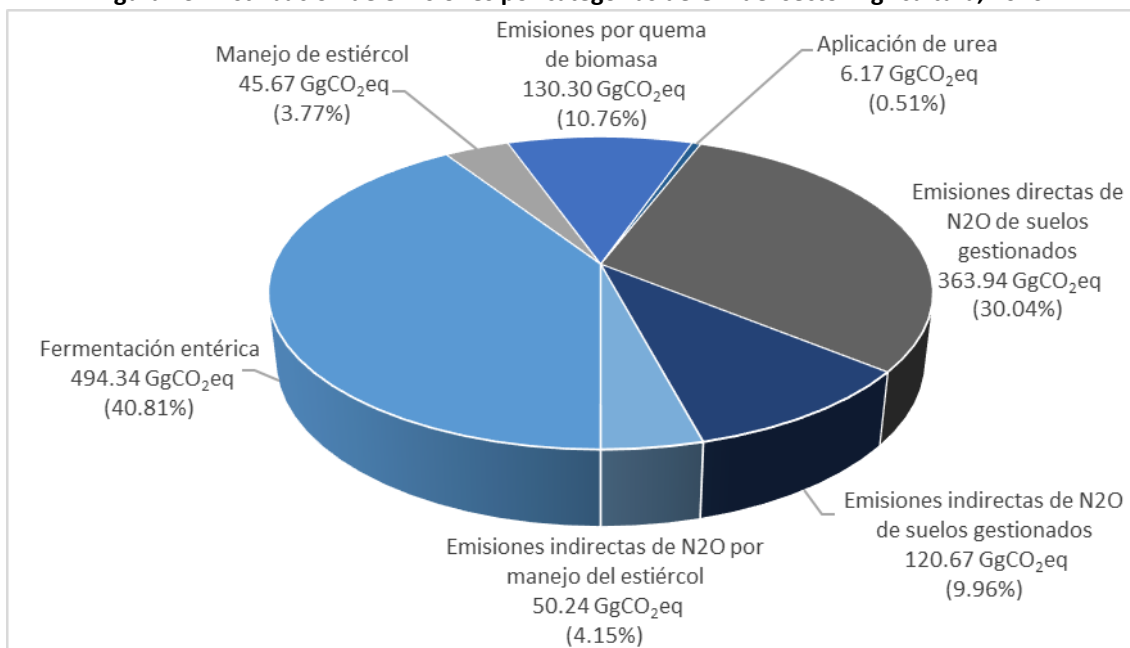
La principal fuente de emisión es la subcategoría fermentación entérica, con 494.34 GgCO₂eq, representando el 40.81% de las emisiones del sector, seguida por la subcategoría emisiones directas de N₂O de suelos gestionados con 363.94 GgCO₂eq y por la subcategoría emisiones por quema de biomasa con 130.30 GgCO₂eq representando el 30.04% y 10.76% de las emisiones totales del sector, respectivamente. Cabe destacar que entre estas tres subcategorías se concentra el 81.61% de las emisiones del sector Agricultura.

Por otro lado, las subcategorías Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados (9.96%), Emisiones indirectas de N₂O por manejo del estiércol (4.15%), Manejo de Estiércol (3.77%), Aplicación de Urea (0.51%), representan el 18.39% restante.

No se reportan las emisiones por cultivo de arroz, debido a que no se realiza esta actividad en la región Lima.

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

Figura 23. Distribución de emisiones por categorías de GEI del sector Agricultura, 2016



Fuente: Elaboración propia

7.2. Ganado

Esta categoría abarca las emisiones de CH₄ por la fermentación entérica generada durante la digestión del ganado, que constituye la subcategoría Fermentación Entérica (3A1), y las emisiones de CH₄ y N₂O por el Manejo del Estiércol (3A2).

7.2.1. Fermentación entérica

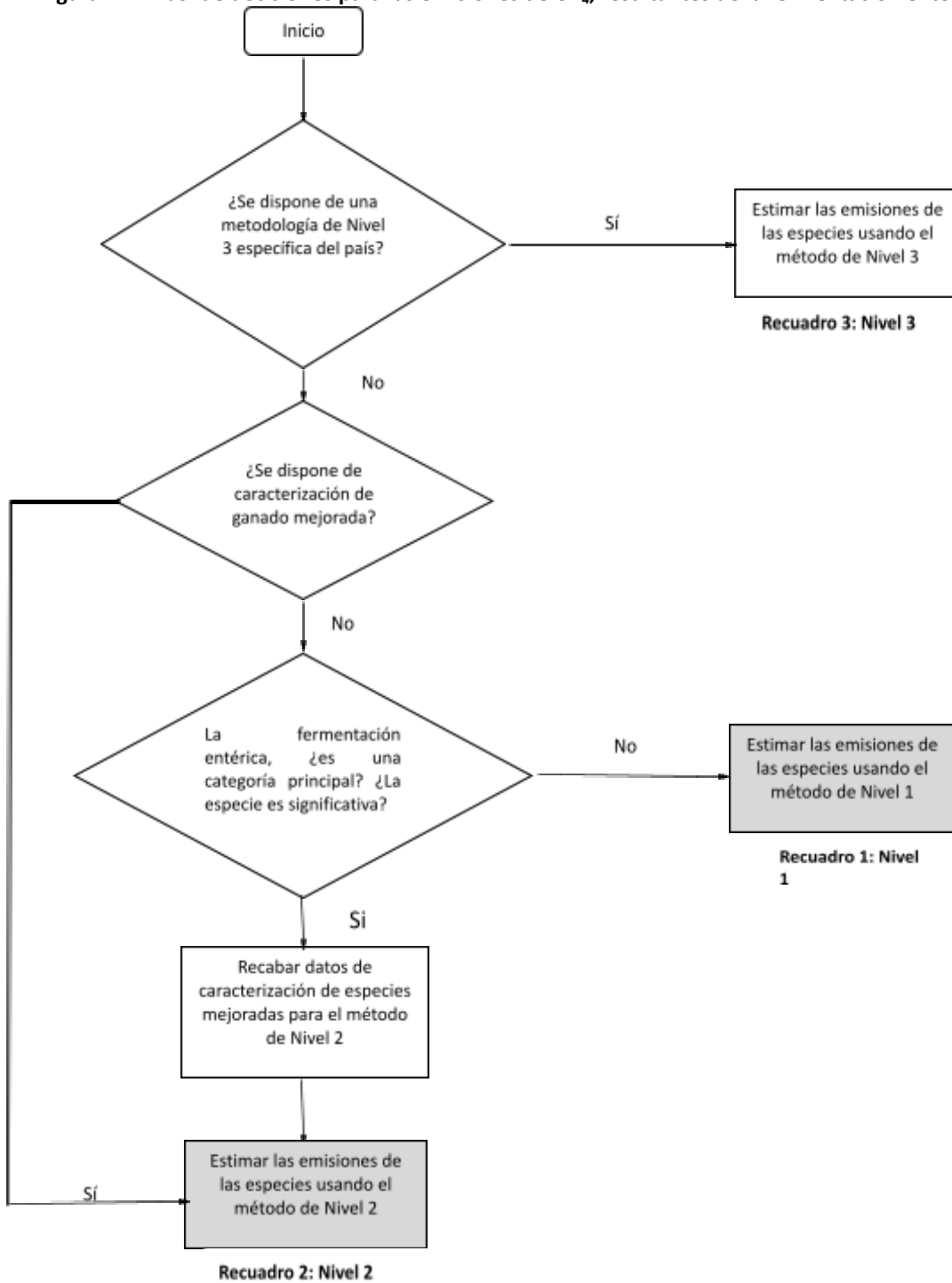
7.2.1.1. Método de cálculo

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 (CH₄), que se producen en los herbívoros como subproducto de la fermentación entérica.

Figura 24. Árbol de decisiones para las emisiones de CH₄, 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	Datos utilizados	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
3	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra					
	3A	Ganado				
	3A1	Fermentación entérica (3A1)	Población anual de animales vivos de la región, 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 media anual de animales vivos		Población anual de vacas en ordeño en la región			
	Población anual de animales vivos de la región 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/reatam/#	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 la región Lima, para el año 2016.

Tabla 29. Población de animales vivos, año 2016

Tipo de ganado	Población anual [cabezas/año]
Vacuno	257,939.00
Ave	60,602,270.00
Caprino	175,075.00
Ovino	319,535.00
Porcino	450,072.00
Caballos	12,397.32
Asnos/mulas	24,667.37
Alpaca	40,511.00
Llama	20,152.00
Cuyes	881,708.41

Fuente: MIDAGRI 2020

El ganado vacuno se subdivide a su vez en las clases “ganado 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	77,763.00
Otro ganado vacuno	180,176.00

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

Tipo de ganado	Población anual [cabezas/año]
Vacuno lechero	257,939.00
- Vacuno lechero	77,763.00
- Otro ganado vacuno	180,176.00
Ovino	319,535.00
Caprino	175,075.00
Caballos	12,397.32

Asnos/Mulas	24,667.37
Porcino	129,472.77
Alpaca	40,511.00
Llama	20,152.00
Ave	18,977,471.19
Cuyes	217,407.55

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 la región Lima.

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	30.15%	77,763.00
Otro ganado vacuno	Vacas adultas para producción de carne	9.22%	23,774.00
	Toros y bueyes	10.97%	28,290.00
	Vaquilla lechera joven de reemplazo	5.09%	13,125.00
	Vaquilla joven de reemplazo para carne	13.63%	35,155.00
	Machos jóvenes en crecimiento	6.16%	15,879.00
	Ternero/a previo al destete	24.79%	63,953.00

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 /	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	cabeza/ año)	
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

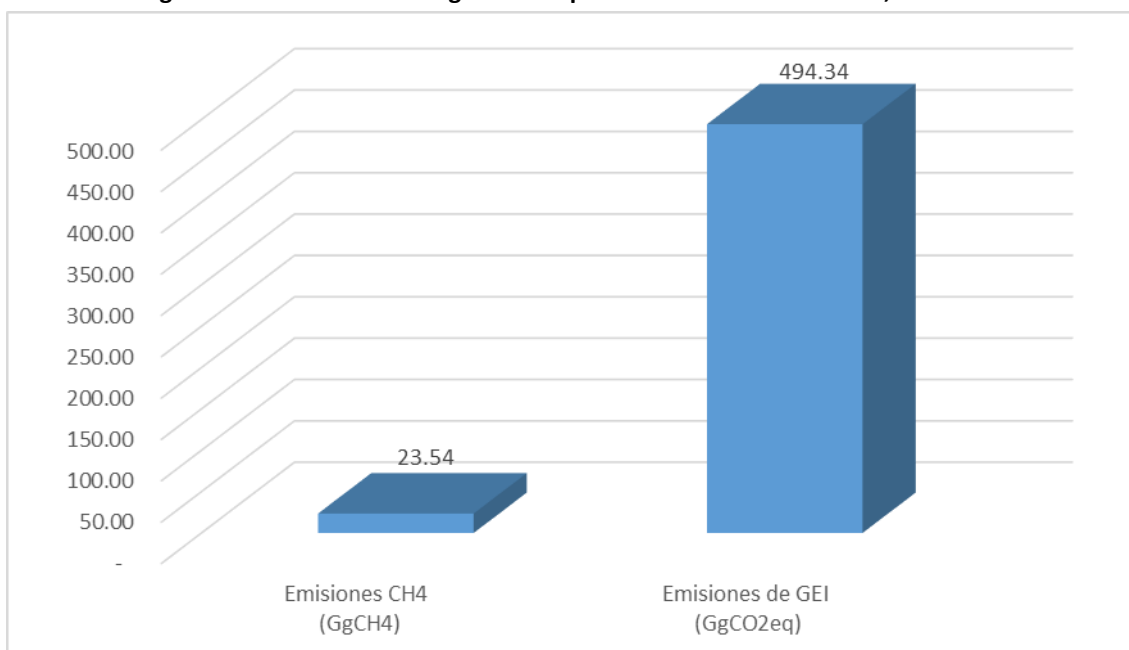
Especie	Factor de emisión	Unidad	Fuente de información	Observación
Ovinos	5.00	Kilogramos de metano por cabeza por año (kgCH ₄ /cabeza/ año)	Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.10	Valores por defecto para cálculos de Nivel 1.
Caprinos	5.00			
Caballos	18.00			
Asnos / Mulas	10.00			
Porcinos	1.00			
Alpacas	8.00			
Llamas	8.00		Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 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 23.54 GgCH₄ que equivalen a 494.34 GgCO₂eq, representando el 40.81% de las emisiones del sector.

Figura 25. Emisiones de GEI generados por la fermentación entérica, año 2016



Fuente: Elaboración propia

7.2.2. Manejo del estiércol

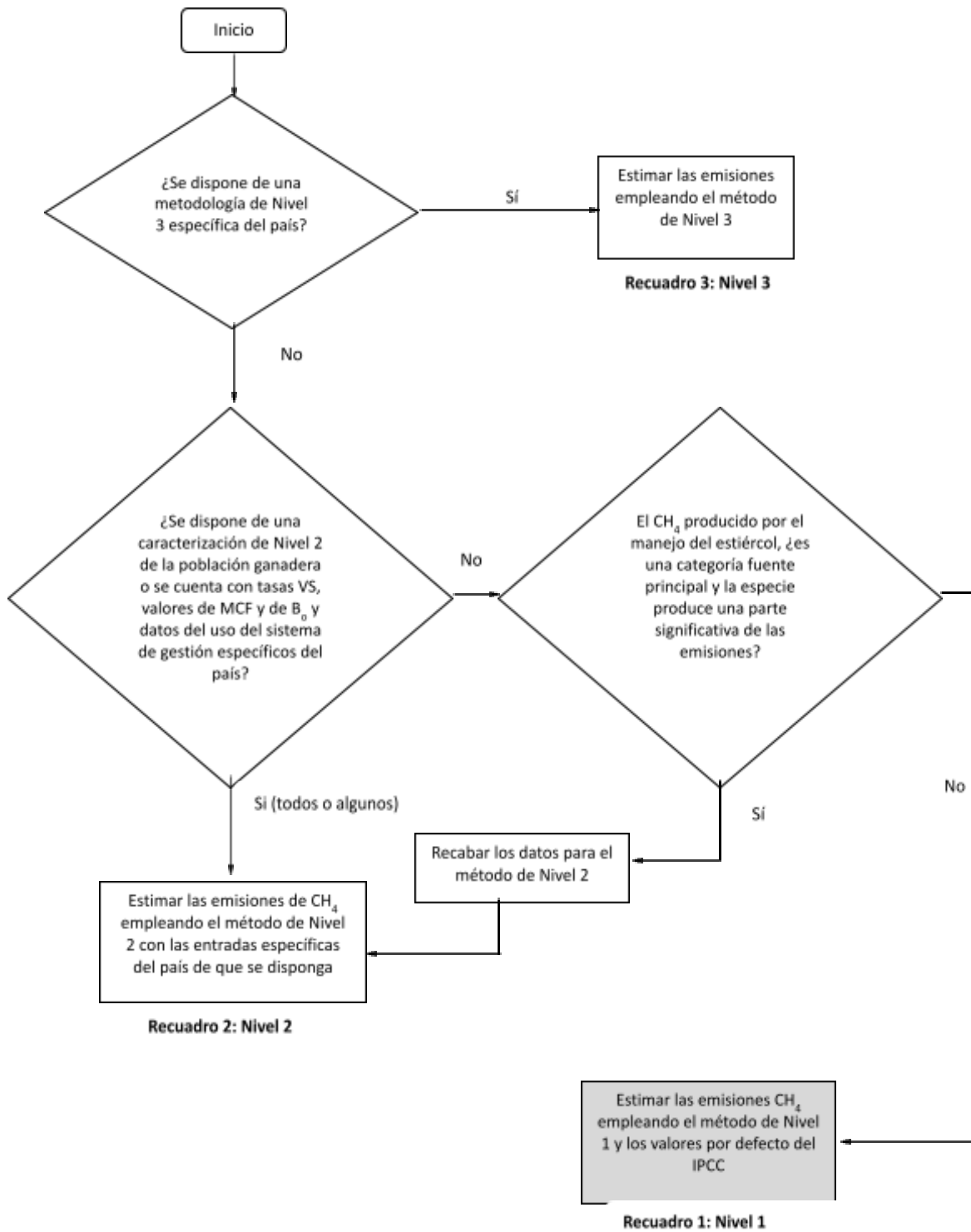
7.2.2.1. Método de cálculo

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 (CH₄) procedentes del manejo del estiércol.

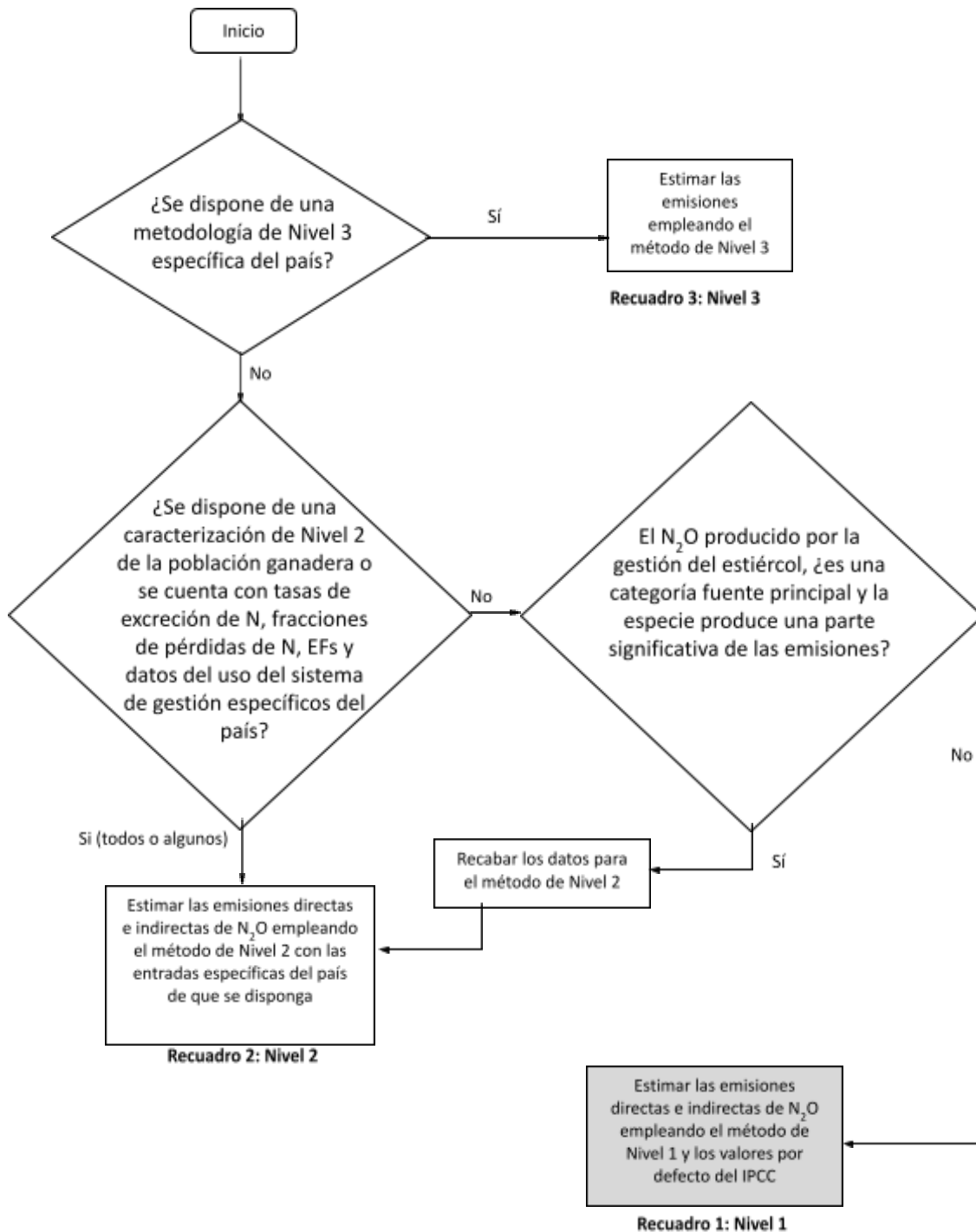
Figura 26. Árbol de decisión de emisiones de CH₄, resultantes de la gestión del estiércol



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 27. Árbol de decisión de emisiones de N₂O 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 CH₄ y N₂O 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	Datos utilizados	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 anual de animales vivos en la región, 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 media anual de animales vivos		Población anual de vacas en ordeño en la región				
			Población anual de animales vivos en la región, 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 en la región	Temperatura promedio anual de Lima	Temperatura (°C)	INEI (2017). Perú, Anuario de Estadísticas Ambientales 2017. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecurso/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

Tipo de ganado	Población anual [cabezas/año]
Vacuno lechero	257,939.00
- Vacuno lechero	77,763.00
- Otro ganado vacuno	180,176.00
Ovino	319,535.00
Caprino	175,075.00
Caballos	12,397.32
Asnos/Mulas	24,667.37
Porcino	129,472.77
Alpaca	40,511.00
Llama	20,152.00
Ave	18,977,471.19
Cuyes	217,407.55

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al valor de la temperatura promedio anual, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) informa que para la región Lima es igual a 20.3 °C, lo que la sitúa en la región climática Templada (15°C - 25°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 a la región.

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	89%	0%	11%	24%	0%	0%	0%
Llama	89%	0%	11%	24%	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 CH₄ y N₂O 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			
Llamas	0.28			
Aves	0.01			
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

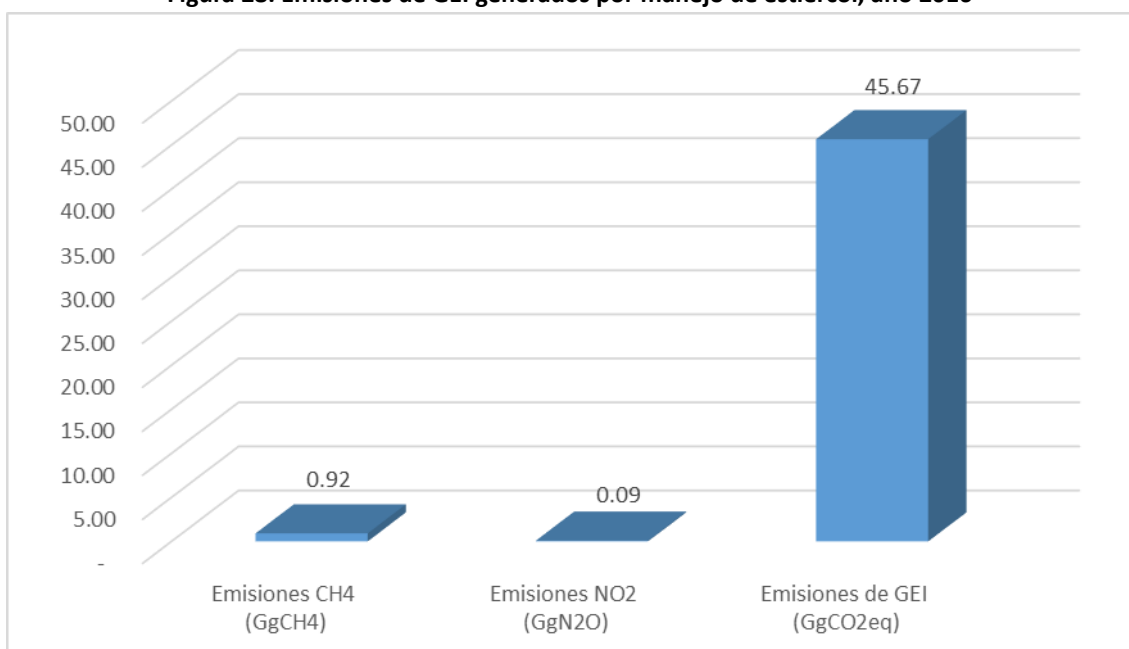
Sistema de manejo de estiércol	Factor de emisión	Unidad	Observación
Praderas y pastizales	-	Kilogramo de óxido nitroso por kilogramo de nitrógeno excretado (kg de N ₂ O-N/kg de Nex)	Las emisiones directas e indirectas de N ₂ O relacionadas con el estiércol depositado en suelos agrícolas y en sistemas 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 de 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 0.92 GgCH₄ y 0.09 GgN₂O que equivalen a 45.67 GgCO₂eq, representando el 3.77% de las emisiones del sector.

Figura 28. Emisiones de GEI generados por manejo de estiércol, año 2016



Fuente: Elaboración propia

7.3. Fuentes Agregadas y Fuentes de Emisión no-CO₂ de la Tierra

Esta es una categoría amplia que abarca las emisiones por Quema de Biomasa (3C1), Aplicación de Urea (3C3), Emisiones Directas de N₂O de Suelos Gestionados (3C4), Emisiones Indirectas de N₂O de Suelos Gestionados (3C5) y Emisiones Indirectas de N₂O por Manejo del Estiércol (3C6).

7.3.1. Quema de biomasa

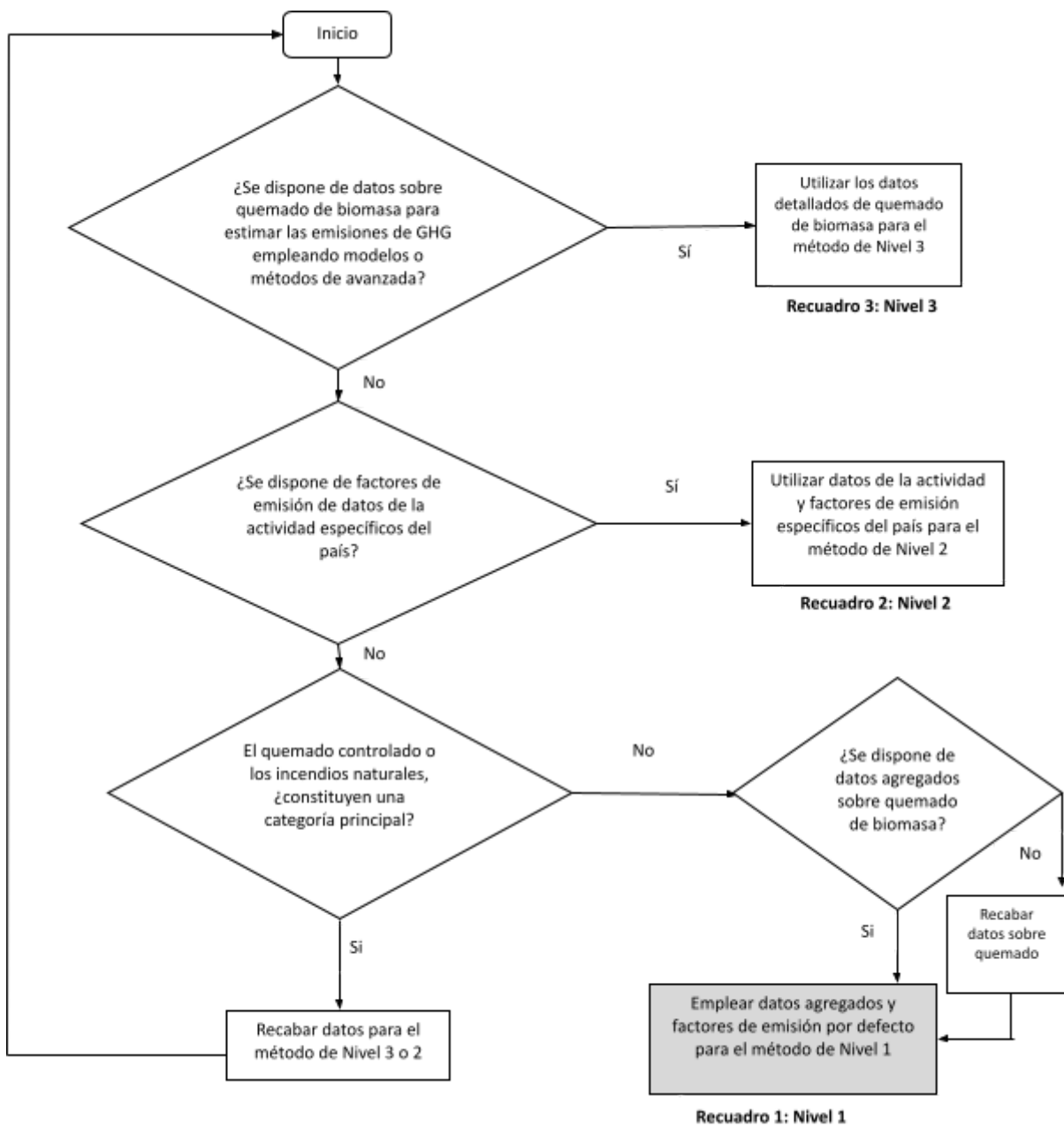
7.3.1.1. Método de cálculo

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 29. 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 CH₄ y N₂O 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	Datos utilizados	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)	12,279.00	95%	11,665.05
Arroz cáscara	-	20%	-
Algodón	1,293.00	40%	517.20
Uva	3,995.00	5%	199.75
Mango	772.00	5%	38.60

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

Región	Pastizales que permanecen como tales (ha)	Porcentaje de quema (%)	Superficie quemada de pastizales (ha)
Amazonía	NA	20.4%	NA
Sierra	1,919,881.08	20.4%	391,655.74
Costa	639,625.95	20.4%	130,483.69
Total	2,559,507.03		522,139.43

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 (quemadas 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	$MB = AGR_{(T)} \times \text{Frac}_{\text{Brunt}(T)}$	Con esta ecuación se estima el valor de masa combustible para los <i>otros cultivos</i> .	

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.mina.gri.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, Capítulo 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

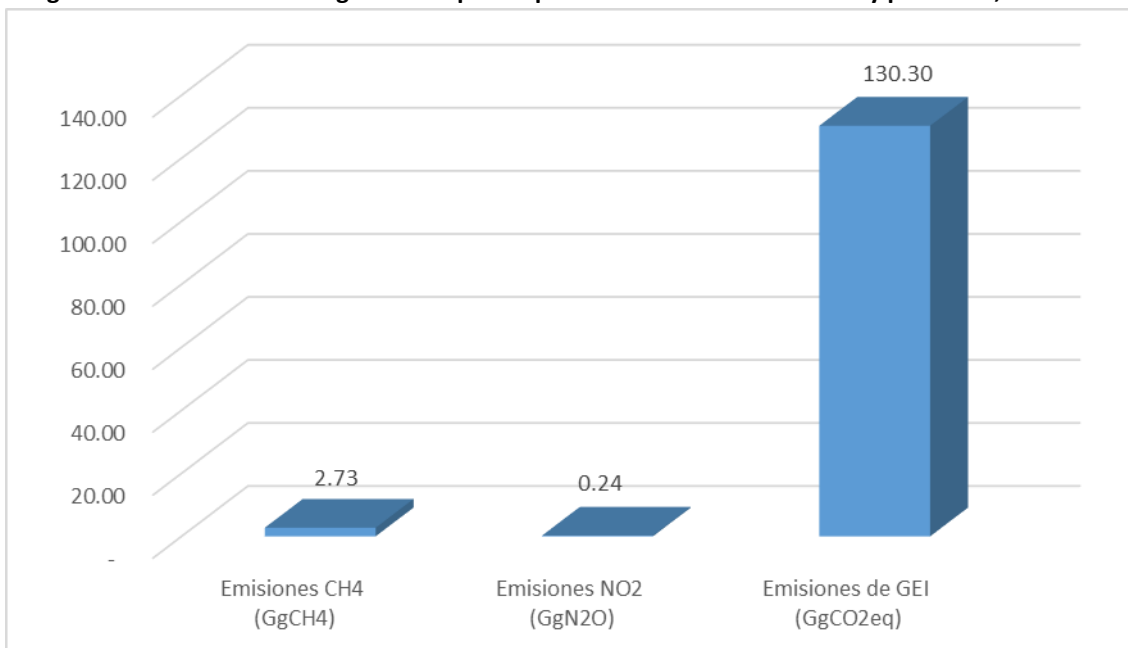
GEI	Residuos de agricultura	Sabana y pastizales	Unidad
CH ₄	2.70	2.30	Gramos del GEI por kg de materia seca quemada (g GEI/ Kg m.s. quemada)
CO	92.00	65.00	
N ₂ O	0.07	0.21	
NO _x	2.50	3.90	

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 nítrico por la quema de biomasa en tierras de cultivo y pastizales fueron de 2.73 GgCH₄ y 0.24 GgN₂O que equivalen a 130.30 GgCO₂eq, representando el 10.76% de las emisiones del sector.

Figura 30. Emisiones de GEI generados por la quema de biomasa de cultivos y pastizales, año 2016



Fuente: Elaboración propia

7.3.2. Aplicación de urea

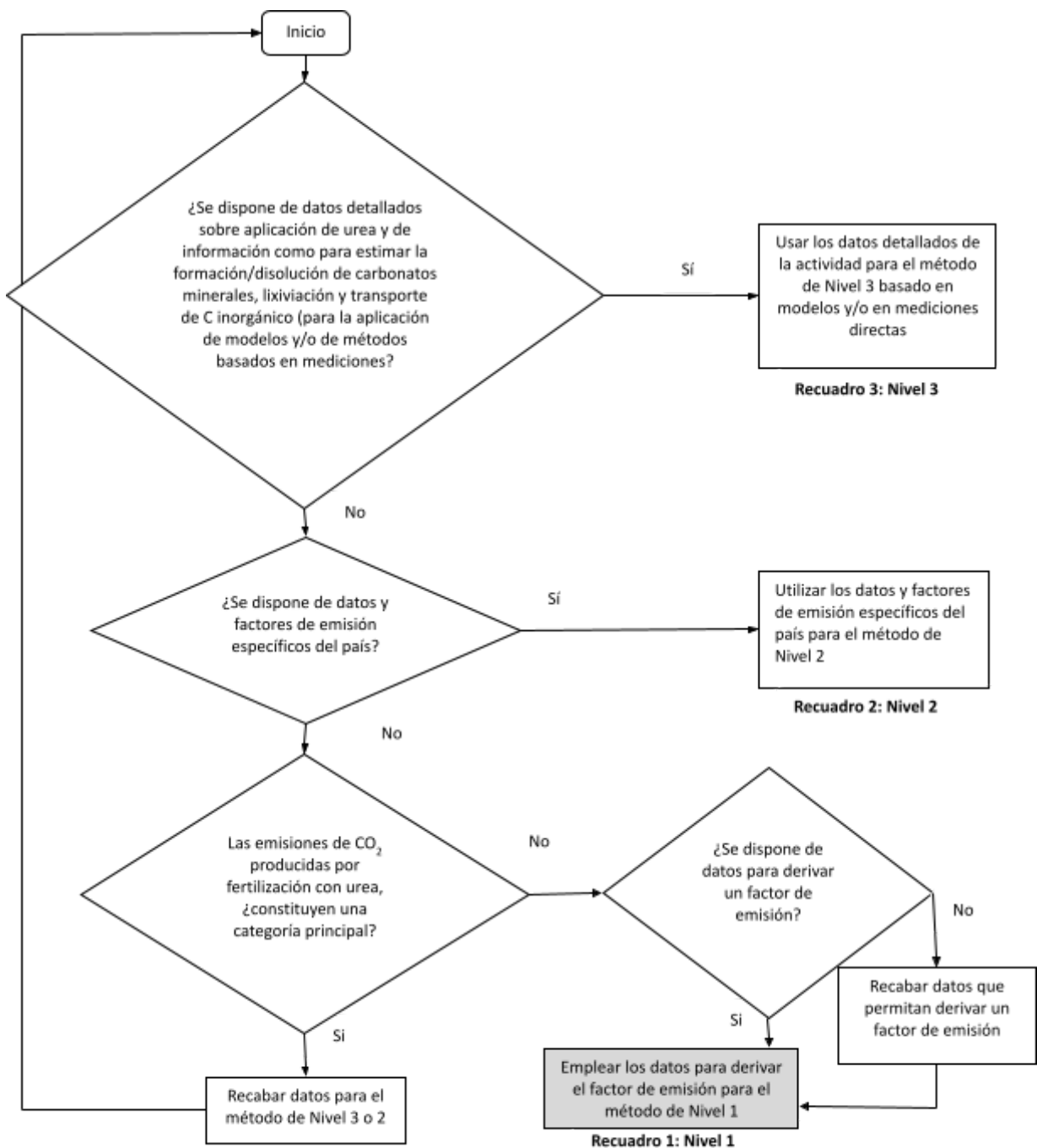
7.3.2.1. Método de cálculo

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 CO₂ provenientes por la aplicación de urea.

Figura 31. Árbol de decisión para la identificación del nivel apropiado para la estimación de las emisiones de CO₂ 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 CO₂ por aplicación de urea.

Por lo anterior, para estimar las estimaciones de las emisiones de CO₂ 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	Datos utilizados	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					
	3C		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 región.
	3		Superficie Anual de principales cultivos por región.	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 la región Lima, fue necesario desagregar este valor nacional en un valor por región. Esta desagregación se realizó a partir de variables como las sumatorias de superficies cosechadas de los principales cultivos, a nivel nacional y por región, con las cuales se estimó una proporción que luego fue aplicada para obtener el valor de urea para la región a partir de la cantidad de urea importada a nivel nacional,

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

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 de la región (ha)	71,554.00
Cantidad de urea aplicada a nivel de la región (t)	8,408.50

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 la región.

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 6.17 GgCO₂eq, representando el 0.51% de las emisiones del sector.

7.3.3. Emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados.

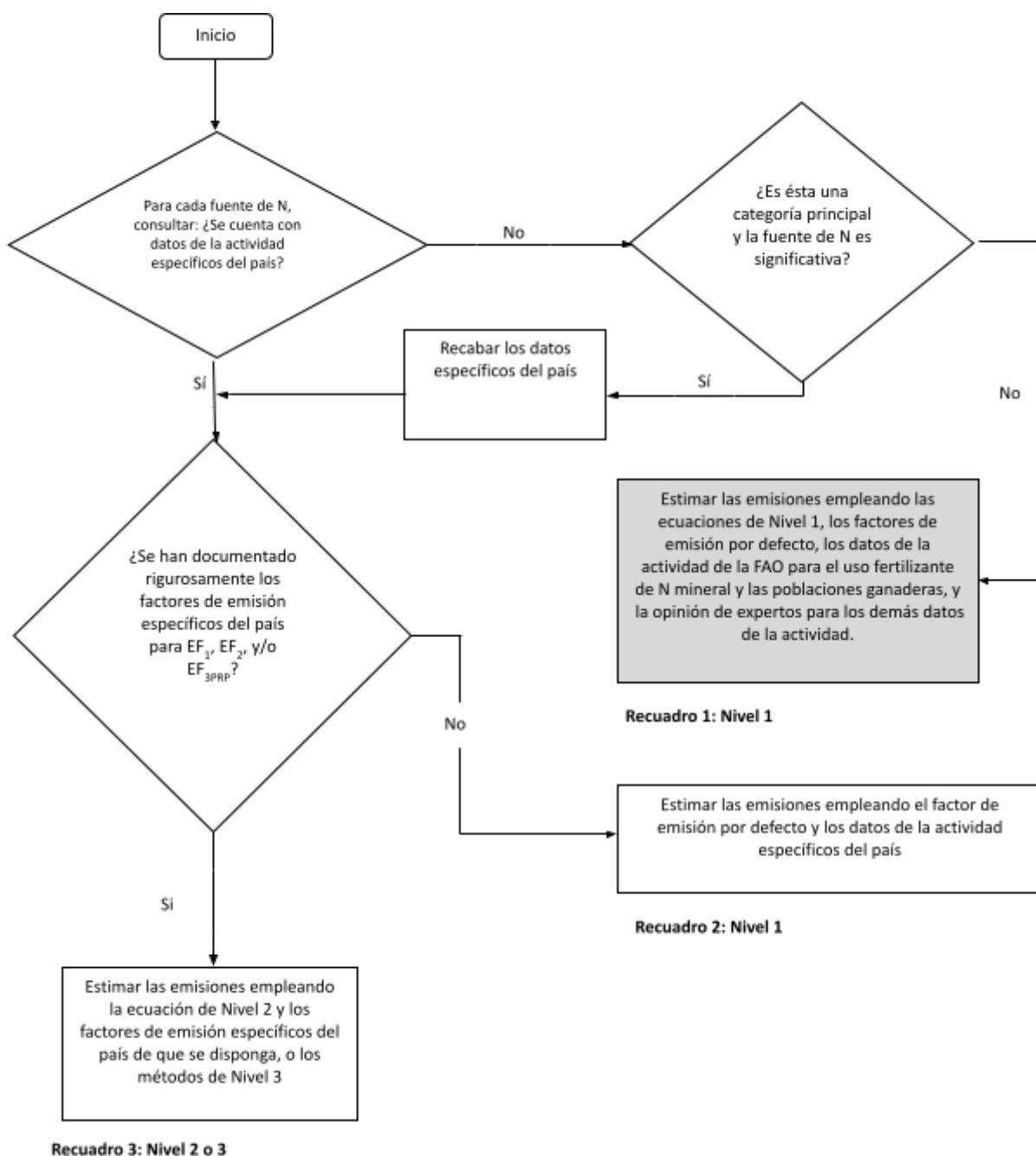
7.3.3.1. Método de cálculo

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 N₂O procedentes de la gestión de los suelos.

Figura 32. Árbol de decisión para emisiones directas de N₂O de los 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 N₂O 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 N₂O provenientes de Suelos Gestionados (3C4)

Clasificación	Fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Datos utilizados	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 ₂ O de suelos gestionados	Cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizantes sintéticos	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 regional y 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 región			
			Cantidad anual de N en residuos agrícolas	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 región. Con esta información se puede separar la cantidad de nitrógeno aplicado en el arroz de la cantidad total aplicada en toda la región. 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.
				Superficie anual de arroz por región	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 de la región	Hectáreas (ha)	MIDAGRI (s/f). Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA). Recuperado de: http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/	
		Producción anual de principales cultivos de la región	Toneladas (t)				

		Superficie anual quemada por cultivo	Hectáreas (ha)		
	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 Lima – 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 de la región (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 de la región (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 de la región					
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 regional se estima de manera proporcional a la relación entre la superficie de principales cultivos a nivel nacional y regional.

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

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 a nivel regional (ha)	71,554.00			
Cantidad aplicada de fertilizante de la región (t)	8,408.495	4,439.118	5,336.334	2,807.959

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la lista de principales cultivos considerados en la región 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 la región Lima, el año 2016.

Tabla 52. Superficie cosechada, producción y superficie quemada de los principales cultivos, año 2016

Cultivos	Superficie anual (ha)	Producción anual (t)	Superficie quemada (ha)
Caña (para azúcar, alcohol y etanol)	12,279.00	1,459,303.00	11,665.05 -
Papa	4,713.00	107,127.00	
Banana / plátano	303.00	3,964.00	
Maíz a. Duro	21,626.00	205,995.00	
Yuca	993.00	37,145.00	-
Cebolla de cabeza	1,811.00	52,420.00	-
Camote	6,935.00	149,768.00	-
Quinua	15.00	30.00	-
Alcachofa	449.00	6,774.00	-
Algodón	1,296.00	4,040.00	517.20 -
Maíz choclo	2,651.00	38,936.00	-
Espárrago	1,854.00	19,517.00	-
Maíz amiláceo	477.00	952.00	-
Tomate	1,653.00	50,147.00	-
Trigo	145.00	227.00	-
Cebada grano	93.00	164.00	-
Alfalfa	10,344.00	403,244.00	-
Arveja gr. Verde	4.00	5.00	-
Arveja grano seco	715.00	3,080.00	-
Frijol grano seco	1,023.00	2,577.00	-
Haba grano seco	96.00	125.00	-
Frijol castilla / caupi	1,549.00	3,692.00	-
Haba grano verde	530.00	2,222.00	-

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 53. 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	-51.59
Pastizales que permanecen como pastizales	-
Tierras que se convierten a Pastizales	-
Asentamientos	-
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 N₂O.

Tabla 54. Factores de emisión para emisiones directas de N₂O procedentes de suelos gestionados

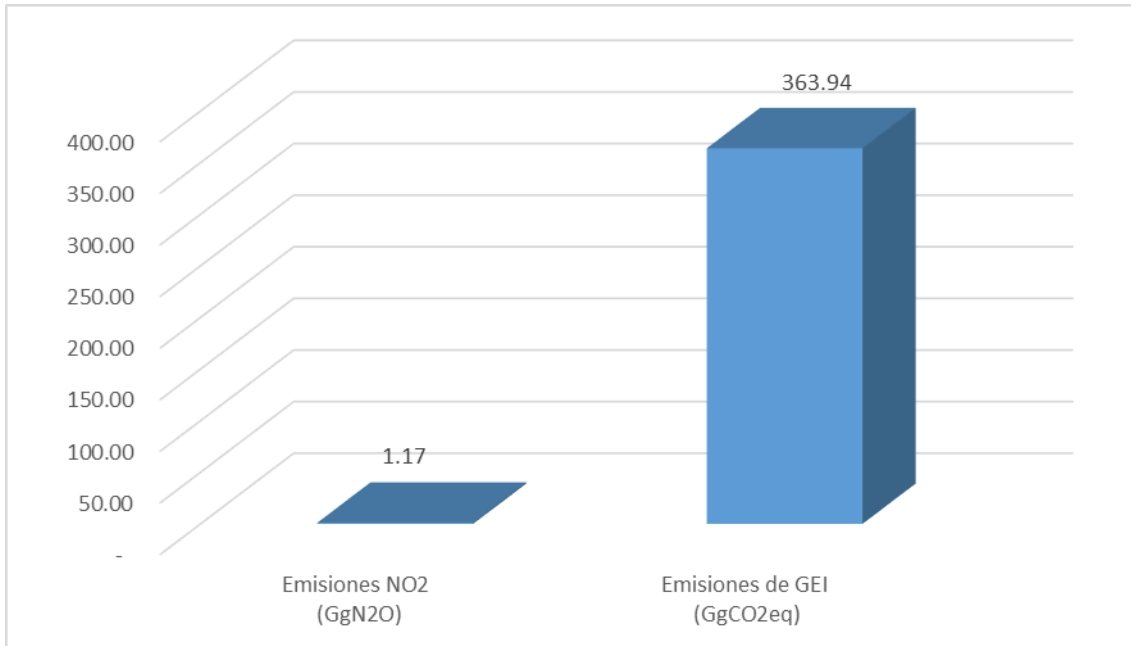
Factor de Emisión	Valor	Unidad
FE para aportes de N de fertilizantes (minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas) y N mineralizado de suelos minerales	0.010	Kilogramo de óxido nitroso por kilogramo de aporte de nitrógeno (kg N ₂ O–N /kg N)
FE para cantidad de N aplicado a los arrozales inundados	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, Capítulo 11, Cuadro 11.1

7.3.3.4. Análisis de resultados

Las emisiones directas de N₂O por suelos gestionados ascienden a 1.17 GgN₂O, que equivalen a 363.94 GgCO₂eq, representando el 30.04% de las emisiones del sector.

Figura 33. Emisiones directas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados, año 2016



Fuente: Elaboración propia

7.3.4. Emisiones Indirectas de N₂O de suelos gestionados

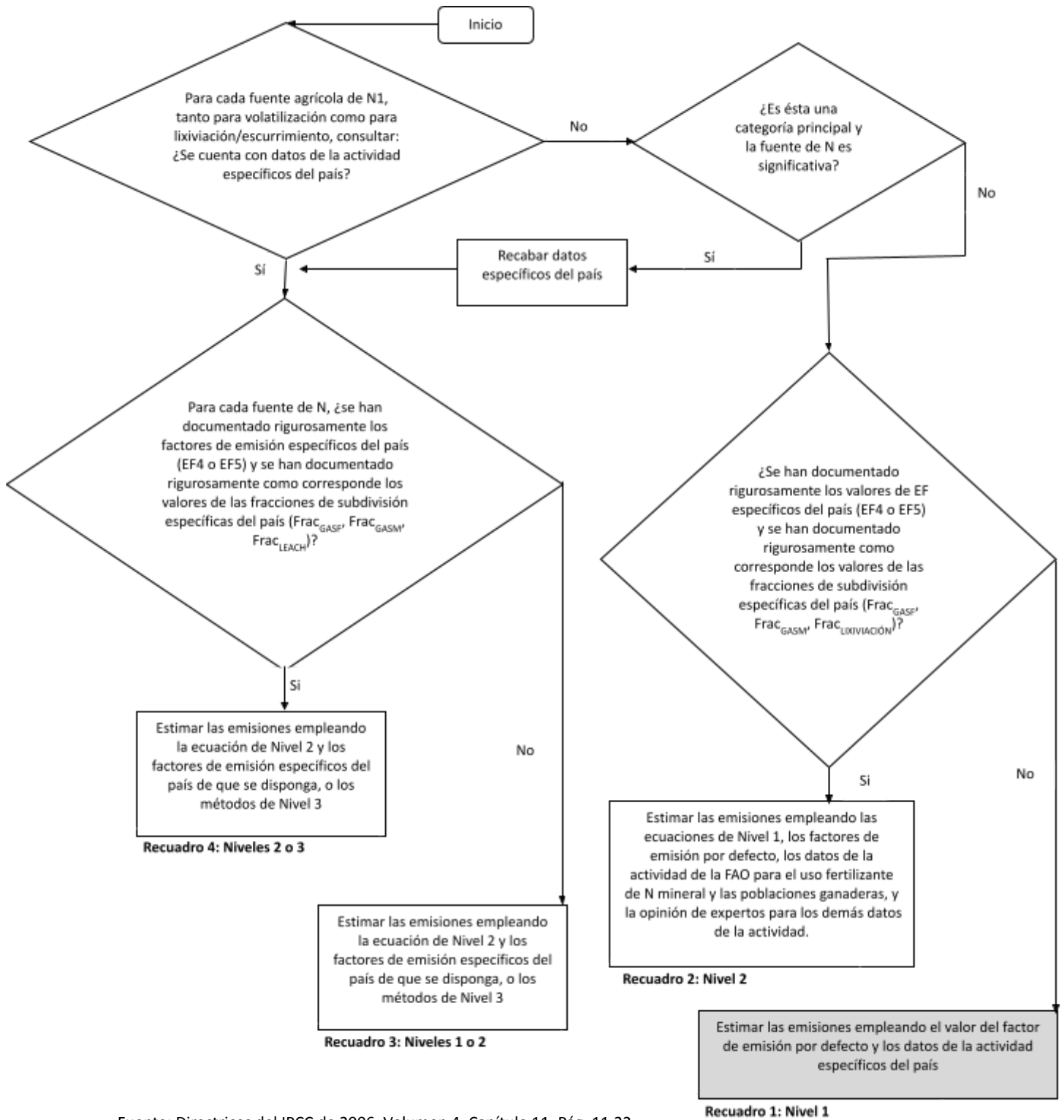
7.3.4.1. Método de cálculo

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 N₂O procedentes de la gestión de los suelos.

Figura 34. Árbol de decisión de emisiones indirectas de N₂O 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 N₂O 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 N₂O de los suelos gestionados.

Tabla 55. Factores de emisión de las emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados

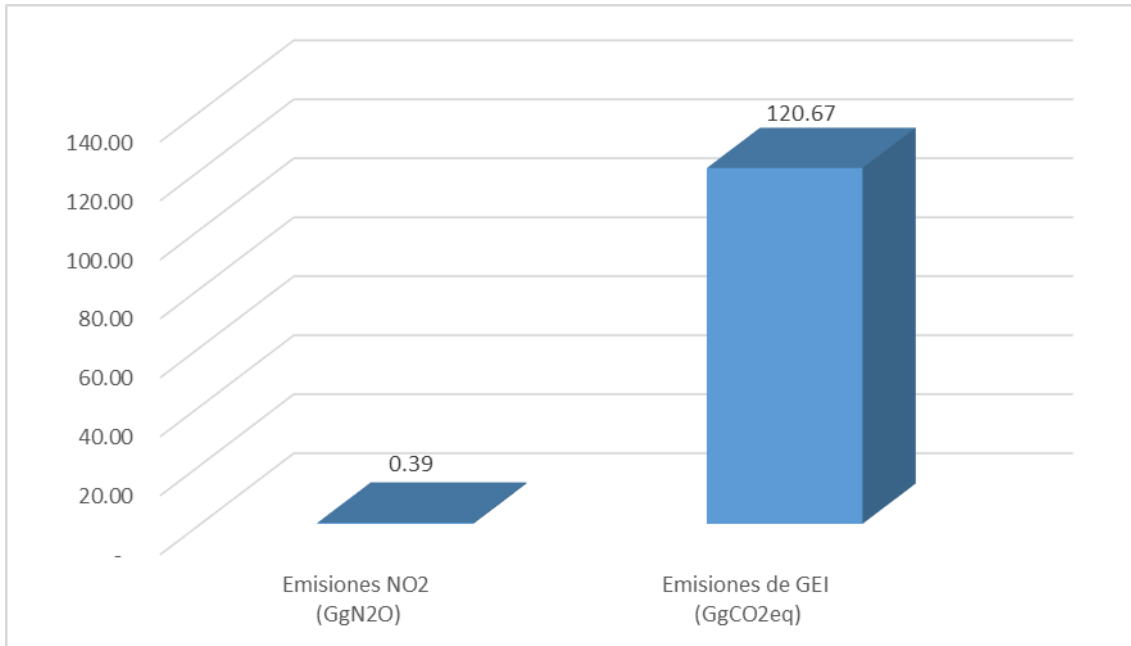
Factor de Emisión	Valor	Unidad
EF para las emisiones de N ₂ O resultantes de la deposición atmosférica de N en los suelos y superficies de agua	0.010	Kilogramos de óxido nitroso por kilogramo de amonio y óxidos de nitrógeno volatilizados [Kg N ₂ O-N/ (Kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado)]
EF para las emisiones de N ₂ O por lixiviación y escurrimiento de N	0.011	Kilogramos de óxido nitroso por kilogramo de nitrógeno lixiviado o escurrido (kg N ₂ O-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 N₂O por suelos gestionados ascienden a 0.39 GgN₂O, que equivalen a 120.67 GgCO₂eq, representando el 9.96% de las emisiones de GEI del sector.

Figura 35. Emisiones indirectas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados, año 2016



Fuente: Elaboración propia

7.3.5. Emisiones Indirectas de N₂O por manejo de estiércol

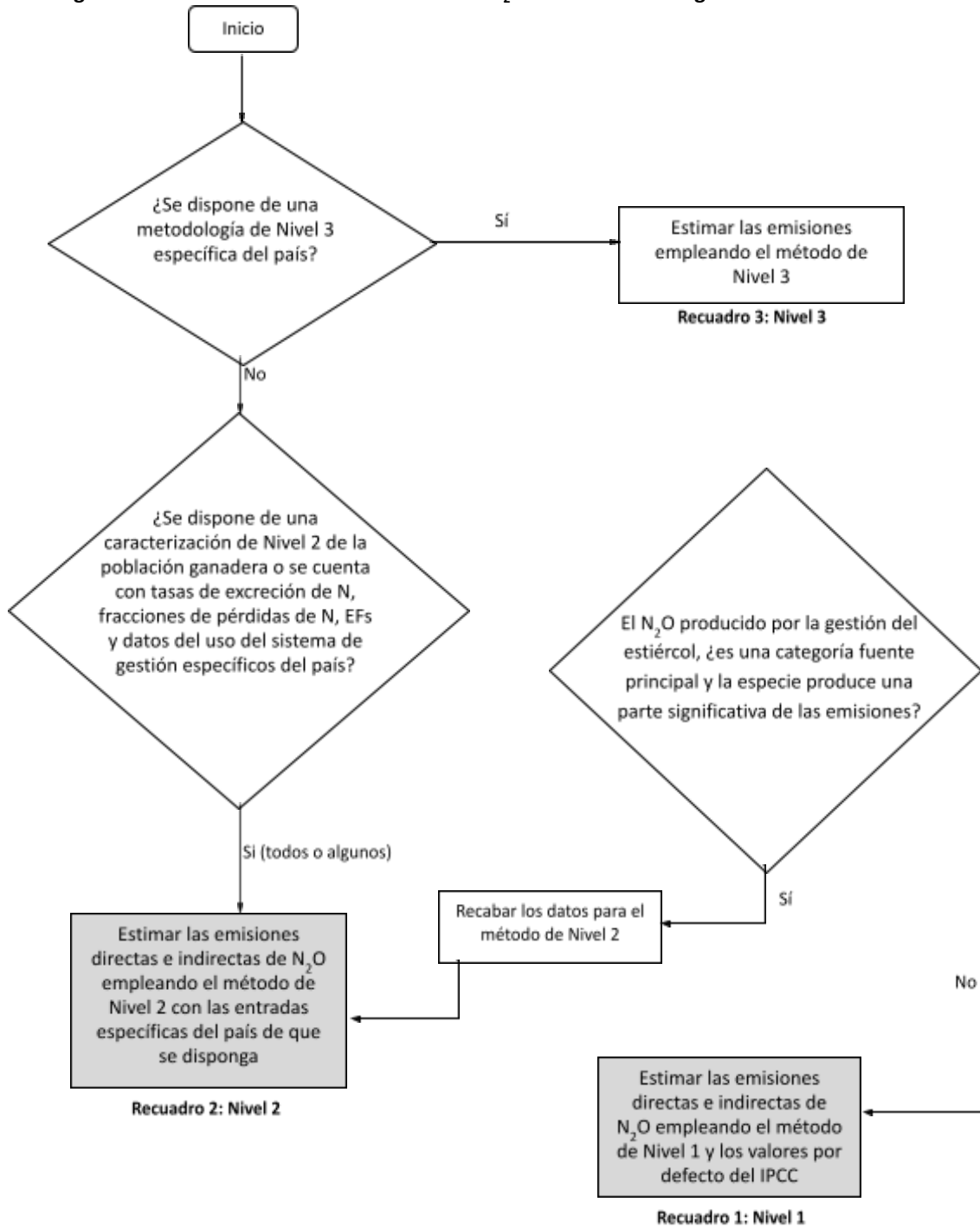
7.3.5.1. Método de cálculo

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 N₂O 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 36. Árbol de decisión de emisiones de N₂O 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 56. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Emisiones Indirectas por Manejo de Estiércol

Categoría	Fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Datos utilizados	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 de la región (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 de la región (vacuno, ovino, porcino, auquérido, ave, caprino)						
	Población anual de vacas en ordeño de la región						
	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 57. Porcentaje de pérdida de nitrógeno debido a la volatilización de NH₃ 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, Capítulo 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 58. Factores de Emisión de las emisiones indirectas de N₂O del manejo de estiércol

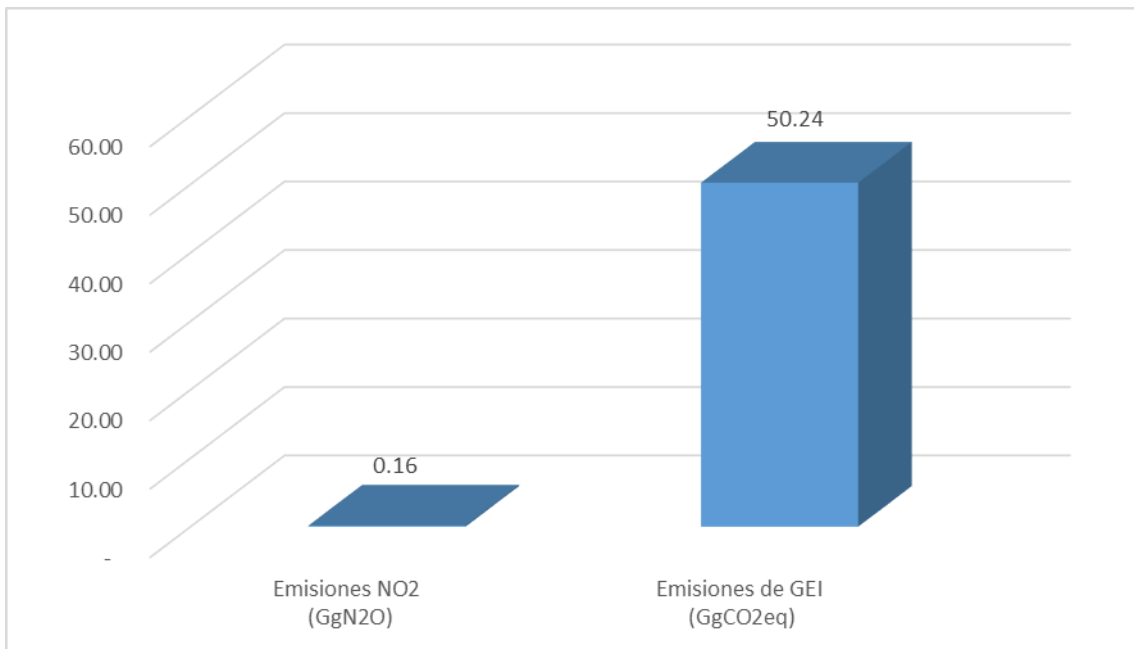
Factor de Emisión	Valor	Unidad
EF para las emisiones de N ₂ O resultantes de la deposición atmosférica de N en los suelos y superficies de agua	0.010	Kilogramos de óxido nitroso por kilogramo de amonio y óxidos de nitrógeno volatilizados [Kg N ₂ O-N/ (Kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado)]

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

7.3.5.4. Análisis de resultados

Las emisiones indirectas de N₂O del manejo de estiércol ascienden a 50.24 GgCO₂eq, que son iguales a 0.16 GgN₂O, representando el 4.15% de las emisiones de GEI del sector.

Figura 37. Emisiones de GEI generados por emisiones indirectas de N₂O del manejo de estiércol, 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 6 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 59. 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 CO₂ de la tierra	
3C1	Subcategoría	Emisiones por quema de biomasa (tierras forestales)	CH ₄ , N ₂ O

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 región Lima se encuentra entre los biomas costa y sierra por lo que la información de base para desarrollar las matrices en este bioma fueron los mapas de la Agencia Espacial Europea (años 2014 y 2016), y se realizó una reclasificación de 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 1,428.20 GgCO₂eq, que representan el 12.26% de las emisiones totales de Lima.

En la siguiente tabla se presenta los resultados de las emisiones de GEI del sector UTCUTS en unidades de GgCO₂eq.

Tabla 60. Resultados de emisiones de GEI del sector UTCUTS

Código	Categorías de fuentes	Emisiones CO ₂ (GgCO ₂)	Emisiones CH ₄ (GgCO ₂ eq)	Emisiones de N ₂ O (GgCO ₂ eq)	Emisiones de GEI [GgCO ₂ eq]
3	UTCUTS	1,428.20			1,428.20
3B	Tierras	1,428.20			1,428.20
3B1	Tierras forestales (TF)	1,476.78			1,476.78
3B1a	TF que permanecen como TF	1,477.37			1,477.37

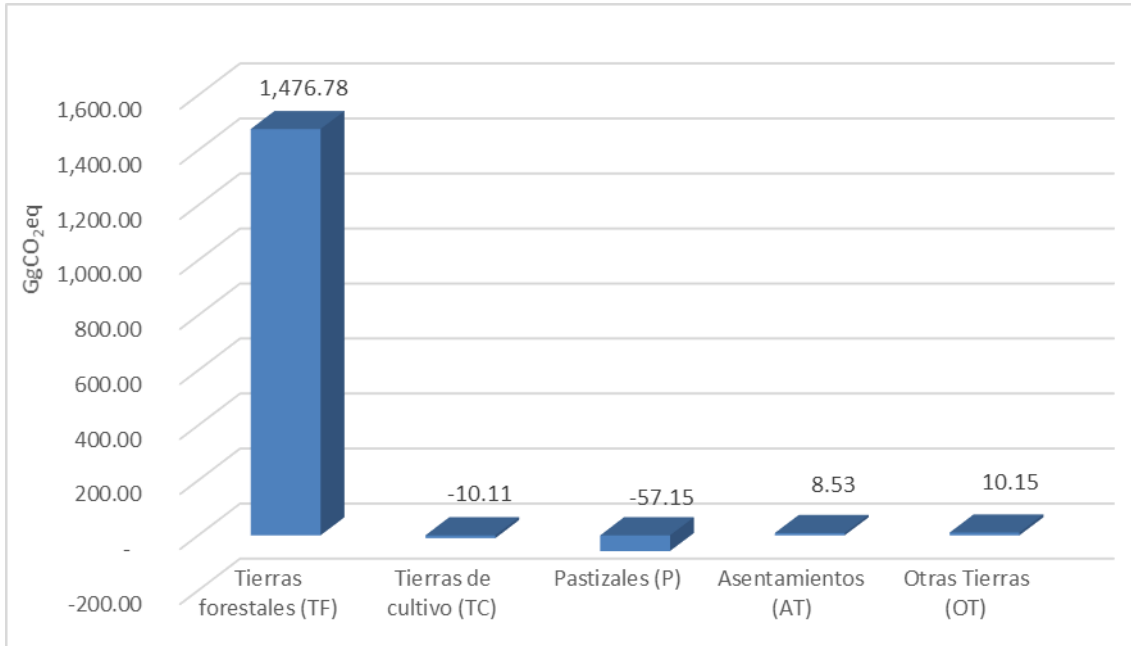
3B1b	Tierras convertidas en TF	-0.59			-0.59
3B1bi	TC que se convierten en TF	-0.38			-0.38
3B1bii	P que se convierten en TF	-0.21			-0.21
3B1biii	H que se convierten en TF	-			-
3B1biv	AT que se convierten en TF	-			-
3B1bv	OT que se convierten en TF	-			-
3B2	Tierras de cultivo (TC)	-10.11			-10.11
3B2a	TC que permanecen como TC	-11.22			-11.22
3B2b	Tierras convertidas en TC	1.12			1.12
3B2bi	TF que se convierten en TC	1.16			1.16
3B2bii	P que se convierten en TC	-0.04			-0.04
3B2biii	H que se convierten en	-			-
3B2biv	AT que se convierten en P	-			-
3B2bv	OT que se convierten en P	-			-
3B3	Pastizales (P)	-57.15			-57.15
3B3a	P que permanecen como P	-			-
3B3b	Tierras convertidas en P	-57.15			-57.15
3B3bi	TF que se convierten en P	-			-
3B3bii	TC que se convierten en P	0.002			0.002
3B3biii	H que se convierten en P	-			-
3B3biv	AT que se convierten en P	-			-
3B3bv	OT que se convierten en P	-57.16			-57.16
3B5	Asentamientos (AT)	8.53			8.53
3B5a	AT que permanecen como AT	NE			NE
3B5b	Tierras convertidas en AT	8.53			8.53
3B5bi	TF que se convierten en AT	0.39			0.39
3B5bii	TC que se convierten en AT	0.71			0.71
3B5biii	P que se convierten en AT	7.43			7.43
3B5biv	H que se convierten en AT	-			-
3B5bv	OT que se convierten en AT	-			-
3B6	Otras Tierras (OT)	10.15			10.15
3B6a	OT que permanecen como OT	-			-
3B6b	Tierras convertidas en OT	10.15			10.15
3B6bi	TF que se convierten en OT	-			-
3B6bii	TC que se convierten en OT	-			-
3B6biii	P que se convierten en OT	10.15			10.15
3B6biv	H que se convierten en OT	-			-
3B6bv	AT que se convierten en OT	-			-

Fuente: Elaboración propia

La principal fuente de emisión es la subcategoría tierras forestales, con 1,476.78 GgCO₂eq, del total de las emisiones del sector, seguida por la subcategoría Otras tierras con 10.15 GgCO₂eq y por la subcategoría Asentamientos con 8.53 GgCO₂eq representando el 0.65% y el 0.55% de las emisiones totales del sector, respectivamente.

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

Figura 38. Distribución de emisiones por categorías de GEI del sector UTCUTS, 2016



Fuente: Elaboración propia

Debido a que dentro de las subcategorías existen valores positivos (emisiones) y negativos (remociones), se ha calculado la participación porcentual de cada una en base a valores absolutos, a fin de contabilizar su aporte real al resultado sectorial.

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) Asentamientos, y (3B6) Otras tierras.

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.

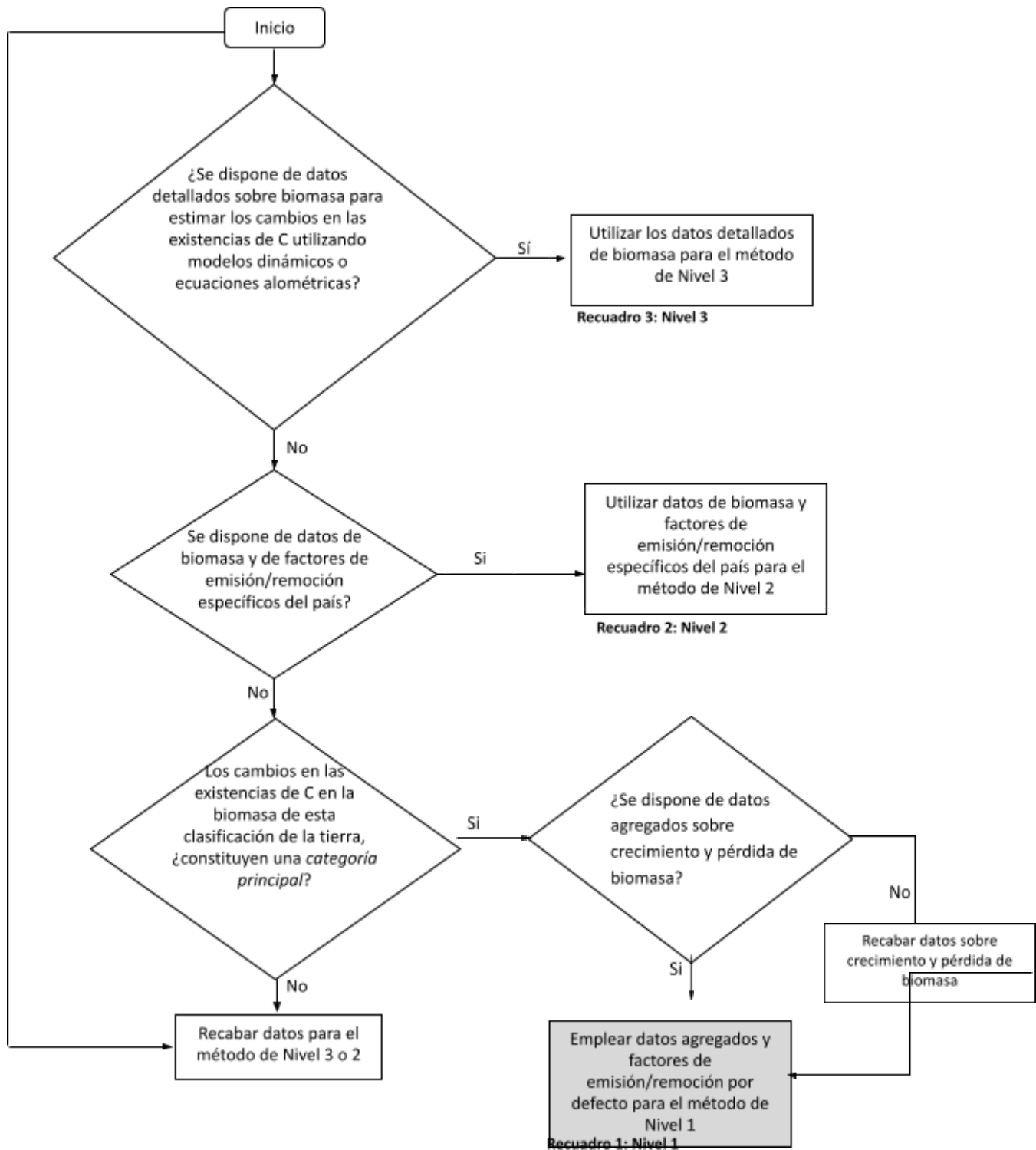
o Biomasa

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 39. 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

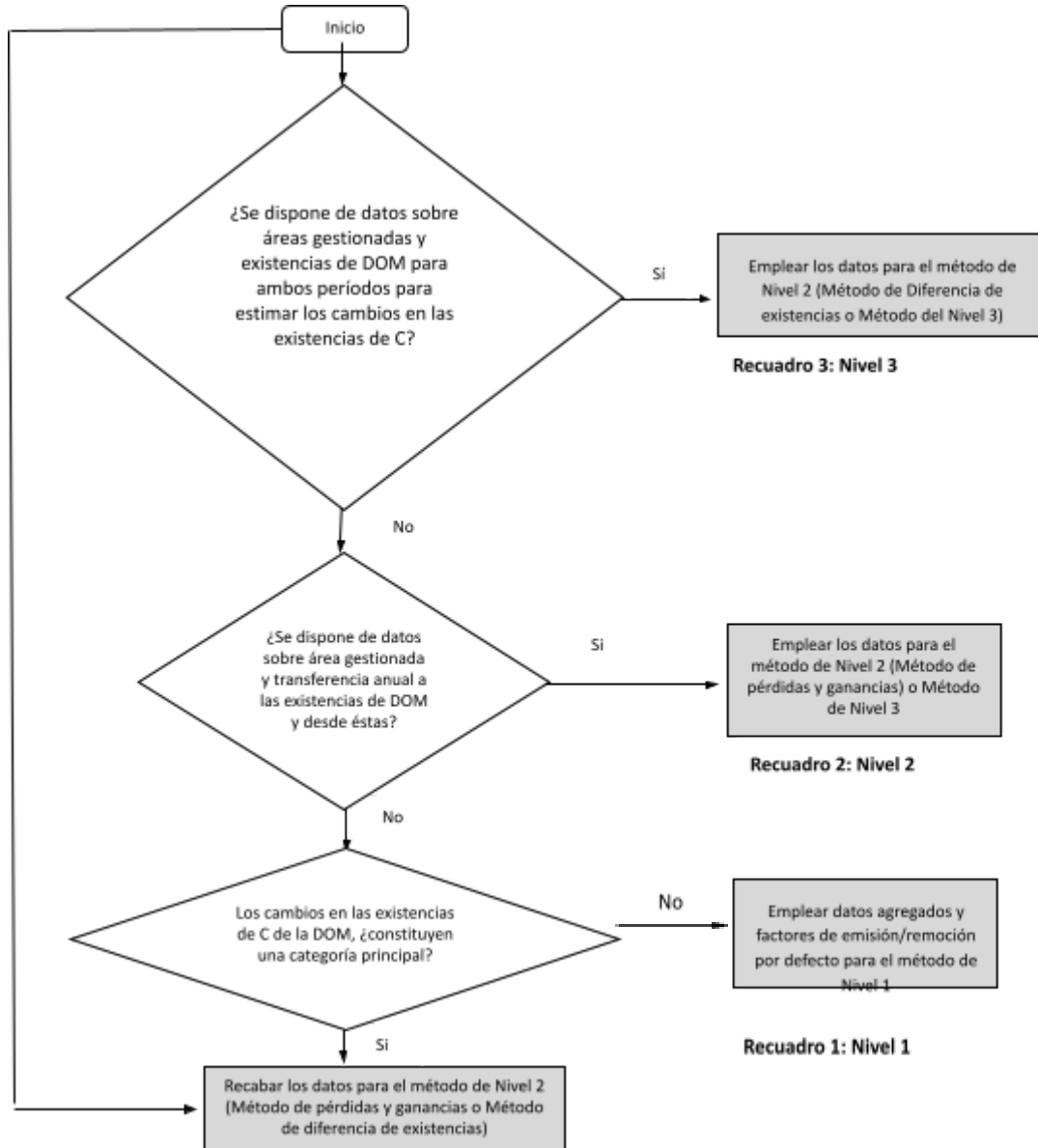
o **Materia orgánica muerta**

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 40. 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

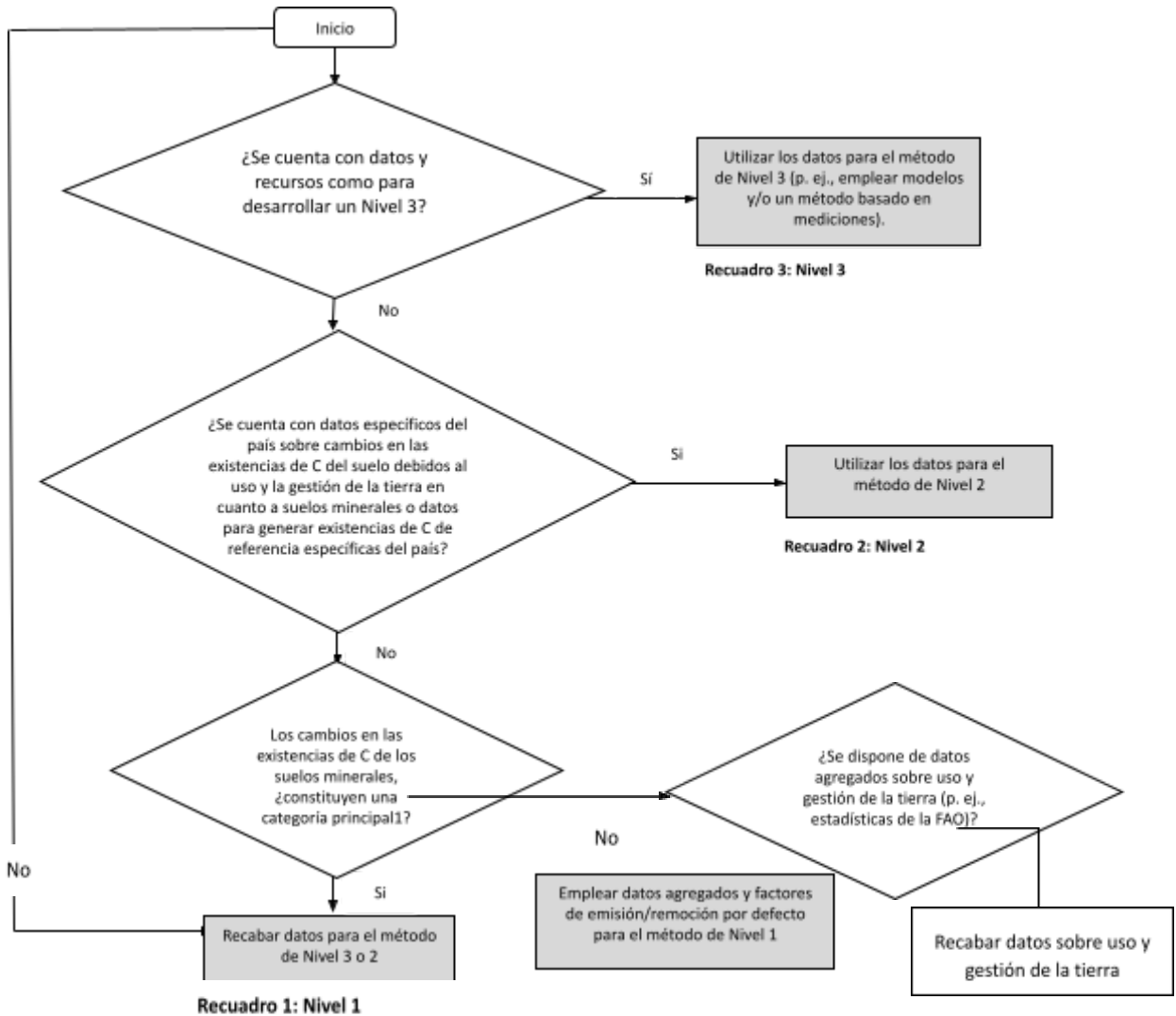
o **Carbono del suelo**

Para los suelos minerales, 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 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 41. 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 explícitas. 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 61. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales

Categoría	Fuente / Sumidero	Datos IPCC	Datos utilizados	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 en Lima, biomas de 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 Lima 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 leña recogida	Volumen anual de madera rolliza extraída	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.
			Población nacional estimada al año 2016 por región	Número de individuos (n° indiv)	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 las superficies tierras forestales que permanecen como tierras forestales.

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 la región Lima 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 62. 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	Costa	Bosques naturales	16,333.47
		Sierra	Bosques naturales	18,470.97
Total				34,804.44

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, de acuerdo a la información publicada por SERFOR, en Lima no ha ocurrido extracción de madera en el 2016. Asimismo, en cuanto a las otras pérdidas, no existe información sobre incendios en costa y sierra. Por otro lado, no se cuenta con información sobre afectación de plagas y enfermedades que afecten al bosque.

Con respecto a las variables para estimar el volumen de leña consumida en la región Lima, este valor es estimado en función a las variables de población total de la región 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 región, reportado en Perú Forestal en Números (SERFOR 2017), tal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 63. Variables empleadas y volumen estimado de leña consumida, año 2016

Variables empleadas	Valor (m ³)
Población total 2016 (n° individuos)	9,989,369.00
Población que consume leña (%)	7.66
Consumo de leña per cápita (m ³ /individuo)	0.50
Total	382,492.7

Fuente: Elaboración propia.

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.

Respecto a la información sobre otras pérdidas, en Lima no se cuenta con información sobre incendios forestales, ya que a nivel nacional solo se evalúan los incendios forestales en la Amazonía.

Tierras convertidas en tierras forestales

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

Tabla 64. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en tierras forestales

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					
3B1	Tierras Forestales					
3B1b		Incremento anual de las reservas de carbono debido al incremento de biomasa	Superficie de Tierras convertidas en Tierras Forestales, biomas 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.
			Superficie de Tierras convertidas en Tierras Forestales, por tipo de gestión (intensiva o extensiva)	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.
		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 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.

				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 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 Costa y Sierra.

Tabla 65. 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	Costa	33.03
		Sierra	-
Pastizales		Costa	3.69
		Sierra	8.64
Humedales		Costa	-
		Sierra	-
Asentamientos		Costa	-
		Sierra	-
Otras Tierras		Costa	-
		Sierra	-
Total			45.36

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 66. 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 región, 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 67. 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	33.01
			Plantación forestal	0.02
		Sierra	Regeneración natural	-
			Plantación forestal	-
Pastizales		Costa	Regeneración natural	3.51
			Plantación forestal	0.18
		Sierra	Regeneración natural	2.16
			Plantación forestal	6.48
Humedales	Costa	Regeneración natural	-	
		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				45.36

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 quemados de biomasa en tierras que se convierten en bosques, que permita calcular las emisiones de CO₂. 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 68. 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 – Costa	3.90	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 seco, secundario con ≤ 20 años.
Incremento medio anual de la biomasa aérea –Sierra	0.00		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.
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.
Relación raíz/vástago	0.34	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. 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 ₂ O	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 69. 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 – Costa	3.90	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 - Sierra	4.40			Valor para sistemas montañosos tropicales, secundario con ≤ 20 años.
Incremento medio anual de la biomasa aérea de plantaciones forestales – Costa	10.00		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 Seco.
Incremento medio anual de la biomasa aérea de plantaciones forestales – Sierra	10.00		Valor para la región América, Eucalipto, sistemas montañosos tropicales.	
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 – Costa	0.36	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 – Sierra	0.326			
Relación raíz/vástago para	0.334		Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen	Valor para Sudamérica, bosque tropical seco,

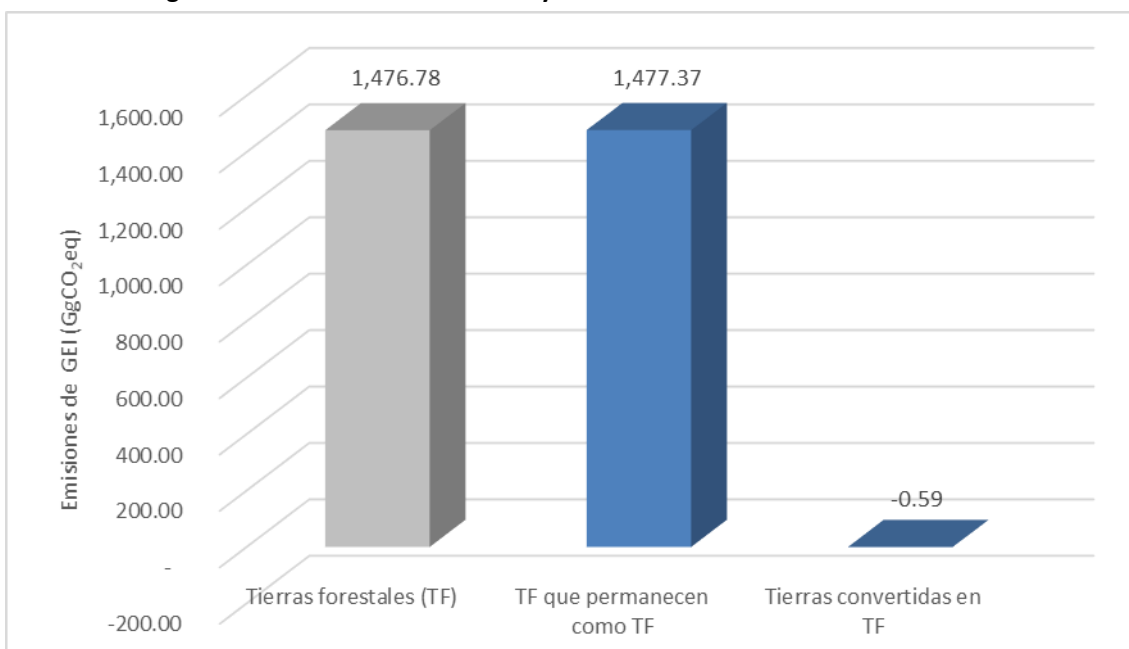
plantaciones forestales – Costa			4, Capítulo 4, Cuadro 4.4.	natural, con biomasa aérea ≤ 125 t m.s./ha
Relación raíz/vástago para plantaciones forestales – Sierra	0.27			Valor para Sudamérica, sistemas montañosos tropicales, plantado, con biomasa aérea > 125 t m.s./ha

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 1,476.78 GgCO₂eq; producto de las emisiones de las tierras forestales que permanecen como tierras forestales, iguales a 1,477.37 GgCO₂eq, y las remociones en las tierras convertidas en tierras forestales, iguales a -0.59 GgCO₂eq.

Figura 42. Resultados de emisiones y remociones de GEI en tierras forestales



Fuente: Elaboración propia

Se debe precisar que las emisiones en tierras forestales corresponden únicamente a la extracción de leña para consumo doméstico, dado que no se realizó extracción de madera en la región y tampoco se tiene información de otras pérdidas.

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.

Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo

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 70. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras de cultivo que permanecen como 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						
	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 N° 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 71. Superficie instalada de cultivos perennes en el 2015 y 2016

Cultivos	Superficie instalada 2015 (ha)	Superficie instalada 2016 (ha)
Aceituna	227.00	226.00
Chirimoya	2,102.14	2,139.14
Cirolero	59.00	59.00
Ciruela	73.00	70.00
Granada	181.00	197.00
Guanábana	41.00	44.00
Guayaba	23.00	23.00
Higo	85.00	76.00
Lima	21.00	23.00
Limón sutil o ácido	9.00	28.00
Lúcuma	852.00	846.00
Mandarina	8,198.00	9,098.00
Mango	812.00	825.00
Manzana	8,806.00	8,696.00
Melocotón	3,982.20	3,959.70
Membrillo	775.00	985.00
Naranja	1,252.00	1,282.00
Níspero	214.00	214.00
Pacae	16.00	17.00
Palta	8,561.30	8,826.30
Pecana	230.00	240.00
Pera	205.00	203.00
Tangelo	362.00	475.00
Toronja	19.00	19.00
Total	37,105.64	38,571.14

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 72. Superficies en crecimiento y pérdidas en el 2016

Clima	Bioma*	Superficie en crecimiento (ha)	Superficie que se pierde o renueva (ha)
Tropical húmedo	Amazonía	1,366.00	166.50
Templado	Costa	10,519.30	340.94
Templado	Sierra	26,685.84	851.51

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 73. 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						
		3B2 b	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 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 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 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 74. Superficies de conversión en tierras de cultivo anualizadas al 2016

Uso Inicial	Uso final	Subcategoría de reporte	Superficie (ha)
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	Costa	18.45
		Sierra	-
Pastizales		Costa	4.50
		Sierra	93.33
Humedales		Costa	-
		Sierra	-
Asentamientos		Costa	-
		Sierra	-
Otras Tierras	Costa	-	
	Sierra	-	
Total			116.28

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

Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo

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 75. 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 / madurez – Tropical húmedo	8.0	Años (año)		Empleado para determinar la 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 76. 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.
Fración 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, Costa	21.87	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 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, Costa y Sierra	8.70		Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 6, Cuadro 6.3.	Valor para zona climática tropical seca.
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, Costa	9.00	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 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, 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 – Costa	17.71	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 Costa se identificó suelos arenosos y suelos AAA, mientras que en Sierra solo suelos AAA.
Valor de referencia promedio de las reservas de carbono - Sierra	51.00			
Factores de variación de las reservas por uso – Tierras de Cultivo, Costa y Sierra	0.92	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 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, 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.

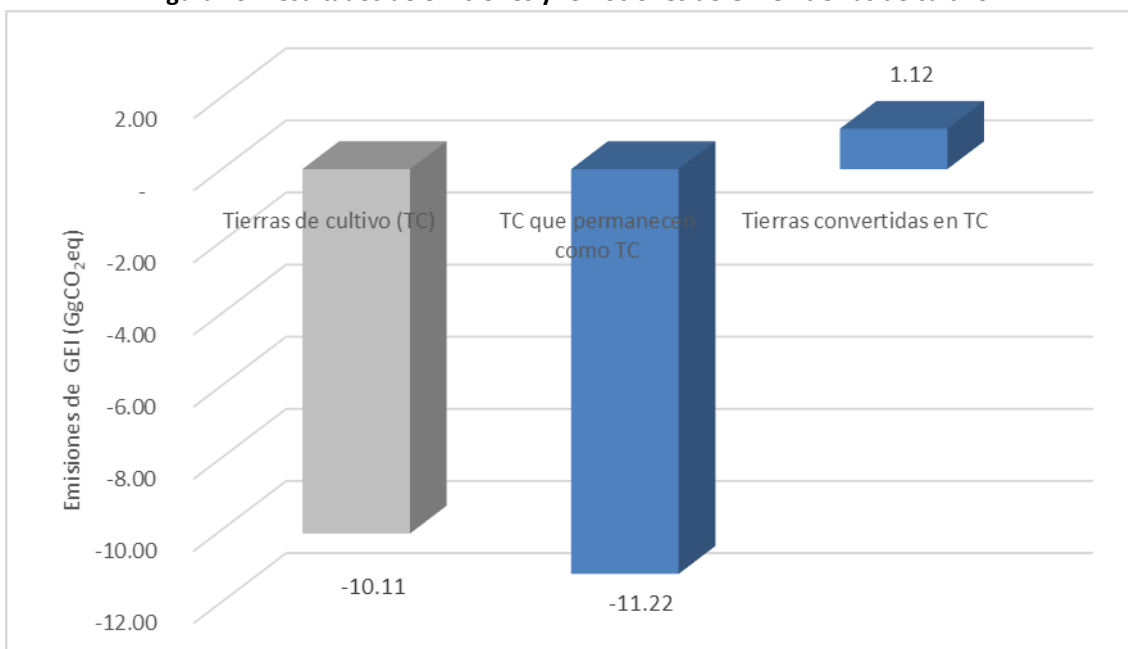
Tiempo de transición del uso inicial al final para suelos minerales	20.00	Años (año)	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5.	Periodo de transición por defecto en nivel 1.
---	-------	------------	---	---

Fuente: Elaboración propia.

8.2.2.4. Análisis de resultado

En la categoría tierras de cultivo se ha producido una remoción neta de $-10.11 \text{ GgCO}_2\text{eq}$. Este valor, incorpora las remociones de las tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo, iguales a $-11.22 \text{ GgCO}_2\text{eq}$, y las emisiones de la subcategoría tierras convertidas en tierras de cultivo, iguales a $1.12 \text{ GgCO}_2\text{eq}$.

Figura 43. Resultados de emisiones y remociones de GEI en tierras de cultivo



Fuente: Elaboración propia

La subcategoría tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo del año 2016, presento un resultado de remociones, debido a que las emisiones por la pérdida de superficie de cultivos perennes fueron menores que las remociones por crecimiento de los cultivos perennes remanentes.

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

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							
		3B3	Pastizales						
			3B3 a	Variación anual de las reservas de	Superficie de pastizales que permanecen como	Superficie de Pastizales que permanecen como tales,	Hectáreas (ha)	MINAM (2020). Desarrollo de Matrices regionales de	Reporte de las superficies totales los pastizales que permanecen

			carbono de suelos minerales	pastizales, por tipos de gestión	biomas Costa y Sierra, en el periodo 2014-2016		Uso y Cambio de Uso de la Tierra, del periodo 2014-2016, para 7 regiones del Perú. Trabajo de consultoría.	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 78. Superficies de permanencia en pastizales, periodo 2014-2016

Uso inicial	Uso final	Subcategorías de reporte	Superficie (ha)
Pastizales	Pastizales	Costa	639,625.95
		Sierra	1,919,881.08
Total			2,559,507.03

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 79. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en pastizales

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					
3B3	Pastizales					
3B3 b	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva	Superficie de Tierras convertidas en Pastizales	Superficie de Tierras convertidas en Pastizales, biomas 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 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 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 80. Superficies de conversión en pastizales anualizadas al 2016

Uso Inicial	Uso final	Subcategoría de reporte	Superficie (ha)
Tierras Forestales	Pastizales	Costa	-
		Sierra	-
Tierras de Cultivo		Costa	-
		Sierra	4.50
Humedales		Costa	-
		Sierra	-
Asentamientos		Costa	-
		Sierra	-
Otras Tierras		Costa	2,444.49
		Sierra	137.34
Total			2,586.33

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

Pastizales que permanecen como pastizales

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

Tabla 81. 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 – Costa	17.71	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 - 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 pastizales que permanecen como pastizales son los siguientes.

Tabla 82. 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 – Costa y Sierra	8.70	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 seco, biomasa no leñosa total (aérea y subterránea).
Biomasa viva en uso inicial – Tierra Forestal, Costa	21.87	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.	Valor nacional para bosques naturales.
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, Costa	9.00	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 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, 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 – Costa	17.71	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 - 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.

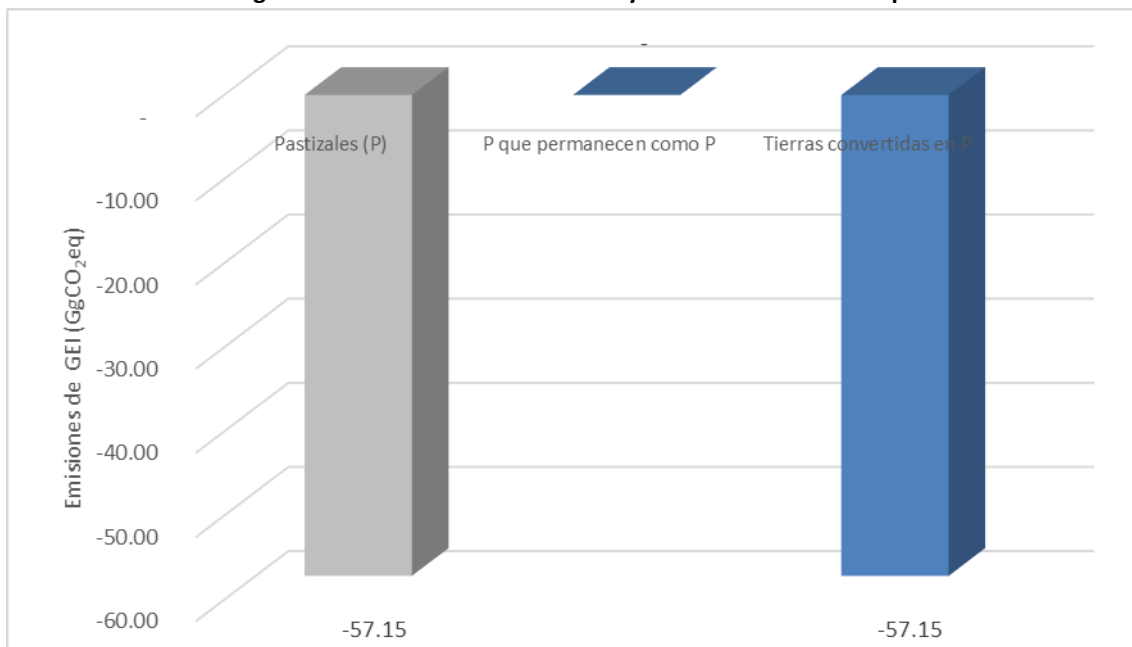
Factores de variación de las reservas por uso – Tierras de Cultivo, Costa y Sierra	0.92			Valor para cultivos de larga duración, tropical, muy húmedo.
Factores de variación de las reservas por gestión – Tierras de Cultivo, Costa y Sierra	1.04		Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5, Cuadro 5.5.	Valor para gestión sin labranza, tropical, seco.
Factores de variación de las reservas por aporte – Tierras de Cultivo, Costa	0.95			Valor para aporte bajo, tropical, seco.
Factores de variación de las reservas por aporte – Tierras de Cultivo, Costa	0.94			Valor para aporte bajo, montañoso tropical.
Factores de variación de las reservas: uso, gestión y aporte – Pastizales	1.00			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 57.15 GgCO₂eq e incluye únicamente a las remociones generadas en las Tierras convertidas en Pastizales (TP).

Figura 44. 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 regional, 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. 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).

8.2.4.1. 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.

8.2.4.2. Datos de actividad

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

Tabla 83. 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					
3B5 b	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva	Superficie de Tierras convertidas en Asentamientos	Superficie de Tierras convertidas en Asentamientos, biomas 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, bioma 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, bioma 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 84. Superficies de conversión en asentamientos anualizadas al 2016

Uso Inicial	Uso final	Subcategoría de reporte	Superficie (ha)
Tierras Forestales	Asentamientos	Costa	4.50
		Sierra	-
Tierras de Cultivo		Costa	30.69
		Sierra	-
Pastizales		Costa	345.92
		Sierra	-
Humedales		Costa	-
		Sierra	-
Otras Tierras		Costa	219.60
		Sierra	-
Total			600.71

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia, todas las conversiones hacia Asentamientos sucedieron en el bioma Costa y puede deberse a la expansión de zonas urbanas.

8.2.4.3. Factores de emisión y conversión

Tierras convertidas en asentamientos

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

Tabla 85. 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, Costa	21.87	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.	Valor nacional para bosques naturales.
Biomasa viva en uso inicial – Tierras Forestales, 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, Costa y Sierra	8.70		Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 6, Cuadro 6.4.	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, Costa	9.00	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 seco, 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			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 – Costa	17.71	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 - 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, Costa	0.92			Valor para cultivos de larga duración, tropical, seco.
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, Costa y Sierra	0.95			Valor para aporte bajo, tropical, seco.
Factores de variación de las reservas por	0.94			Valor para aporte bajo, montañoso tropical.

aporte – Tierras de Cultivo, Sierra				
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.

8.2.4.4. 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 8.53 GgCO₂eq. Su contribución es marginal a los resultados sectoriales (0.6%).

8.2.5. 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).

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.

Otras tierras que permanecen como otras tierras

Dado que estas tierras suelen ser no gestionadas, no se evalúa en el inventario, aunque sus superficies deben registrarse para asegurar que la representación de la tierra es completa

Tierras convertidas en otras tierras

En las tierras convertidas en otras tierras, solo se evalúan las emisiones y remociones de los depósitos de biomasa viva y carbono orgánico del suelo

El método de cálculo aplicado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa es de nivel 2. Para el caso de las existencias de carbono materia orgánica del suelo, se aplicó el nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

8.2.5.2. Datos de actividad

Tierras convertidas en otras tierras

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

Tabla 86. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en otras tierras

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					
3B6	Otras Tierras					
3B6 b	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva	Superficie de Tierras convertidas en Otras Tierras	Superficie de Tierras convertidas en Otras Tierras, bioma 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 Otras Tierras	Superficie de Tierras convertidas en Otras Tierras, bioma 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 Otras Tierras	Superficie de Tierras convertidas en Otras Tierras, bioma 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 otras tierras.

Tabla 87. Superficies de conversión en tierras convertidas en otras tierras anualizadas al 2016

Uso Inicial	Uso final	Subcategoría de reporte	Superficie (ha)
Tierras Forestales	Otras Tierras	Costa	-
		Sierra	-
Tierras de Cultivo		Costa	-
		Sierra	-
Pastizales		Costa	327.96
		Sierra	92.03
Humedales		Costa	-
		Sierra	-
Asentamientos	Costa	-	
	Sierra	-	
Total			419.99

Fuente: Elaboración propia

8.2.5.3. Factores de emisión

Tierras convertidas en otras tierras

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

Tabla 88. Factores de emisión para tierras convertidas en otras tierras

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 Otras Tierras 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 9, Página 9.4.	Valor por defecto en Nivel 1.
Biomasa viva en uso inicial – Tierra Forestal, Costa	21.87	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.	Valor nacional para bosques naturales.
Biomasa viva en uso inicial – Tierras Forestales, 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, Costa y Sierra	8.70		Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, Capítulo 6, Cuadro 6.4.	Valor para zona climática tropical seco, biomasa no leñosa total (aérea y subterránea).
Biomasa viva en uso inicial – Humedales y Asentamientos	0.00		MINAM (2020). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del	Se asumió que las reservas de carbono en Humedales y

			sector UTCUTS año 2016. Sin publicar.	Asentamientos son iguales a cero.
Reservas de carbono en la madera muerta – Tierra Forestales, Costa	9.00	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 seco, 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 – Costa	17.71	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 - 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, Costa	0.92		Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4, Capítulo 5, Cuadro 5.5.	Valor para cultivos de larga duración, tropical, seco.
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, Costa y Sierra	0.95			Valor para aporte bajo, tropical, seco.
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,	1.00	Directrices del IPCC del 2006 refinadas en 2019, Volumen 4,	Valores por defecto para todos los niveles de uso,	

gestión y aporte – Pastizales			Capítulo 6, Cuadro 6.2.	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

El resultado total de la subcategoría otras tierras es la emisión neta de 10.15 GgCO₂eq; producto de las emisiones de las tierras convertidas en otras tierras, que corresponden al 0.7% de las emisiones del sector UTCUTS.

8.3. Fuentes agregadas y fuentes de emisiones no-CO₂ en la tierra

8.3.1. Quema de biomasa en tierras forestales

Esta subcategoría abarca las emisiones de gases no-CO₂, como el CH₄ y N₂O, generados por los incendios forestales.

En Lima no existe información sobre incendios forestales o quemas de biomasa en tierras convertidas en bosques que permita calcular las emisiones no-CO₂, por lo que esta fuente no ha sido estimada.

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 89. Categoría de emisiones y gases generados

Codificación	Descripción	Categorías IPCC	GEI generados y precursores
4	Sector	Desechos	
4 A	Categoría	Eliminación de desechos sólidos	
	4A 1 Subcategoría	Sitios de eliminación de desechos gestionados	CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
	4A 2 Subcategoría	Sitios de eliminación de desechos no gestionados	
	4A 3 Subcategoría	Sitios de eliminación de desechos no categorizados	
4 B	Categoría	Tratamiento biológico de los desechos sólidos	CH ₄ , N ₂ O
4 C	Categoría	Incineración e incineración abierta de desechos	
	4C 1 Subcategoría	Incineración de desechos	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM
	4C 2 Subcategoría	Incineración abierta de desechos	
4 D	Categoría	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	
	4D 1 Subcategoría	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM
	4D 2 Subcategoría	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	
4 E	Categoría	Otros	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM

Fuente: Elaboración propia

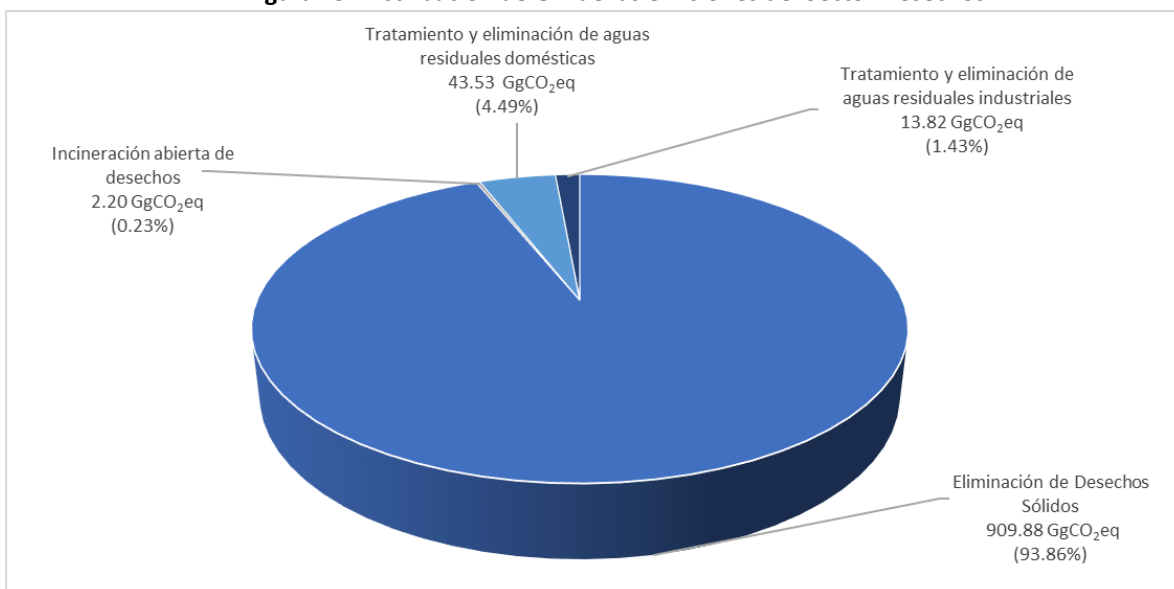
9.1. Análisis del resultado sectorial

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 la región Lima para el año 2016.

En el año 2016, las emisiones de GEI de este sector corresponden a la eliminación de desechos sólidos, incineración e incineración abierta de los desechos sólidos, y el tratamiento y eliminación de aguas residuales, que fueron de 969.43 GgCO₂eq, que representan el 8.32% de las emisiones totales de la región Lima. La principal fuente de emisión es la eliminación de desechos sólidos con 909.88 GgCO₂eq.

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

Figura 45. 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 GgCO₂eq:

Tabla 90. Resultados de emisiones de GEI del sector Desechos - eliminación de desechos sólidos

Fuentes de GEI		Emisiones CO ₂ (GgCO ₂)	Emisiones CH ₄ (GgCO ₂ e q)	Emisiones N ₂ O (GgCO ₂ e q)	Emisiones totales de GEI (GgCO ₂ eq)
4	Desechos	1.58	955.21	12.64	969.43
4A	Eliminación de desechos sólidos		909.88		909.88
4C	Incineración e incineración abierta de desechos	1.58	0.49	0.14	2.20
4C1	Incineración de desechos				
4C2	Incineración abierta de desechos	1.58	0.49	0.14	2.20
4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales		44.85	12.50	57.35
4D1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas		31.02	12.50	43.53
4D1 a	Emisiones de metano		31.02		31.02
4D1 b	Emisiones de óxido nitroso			12.50	12.50
4D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		13.82		13.82

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.

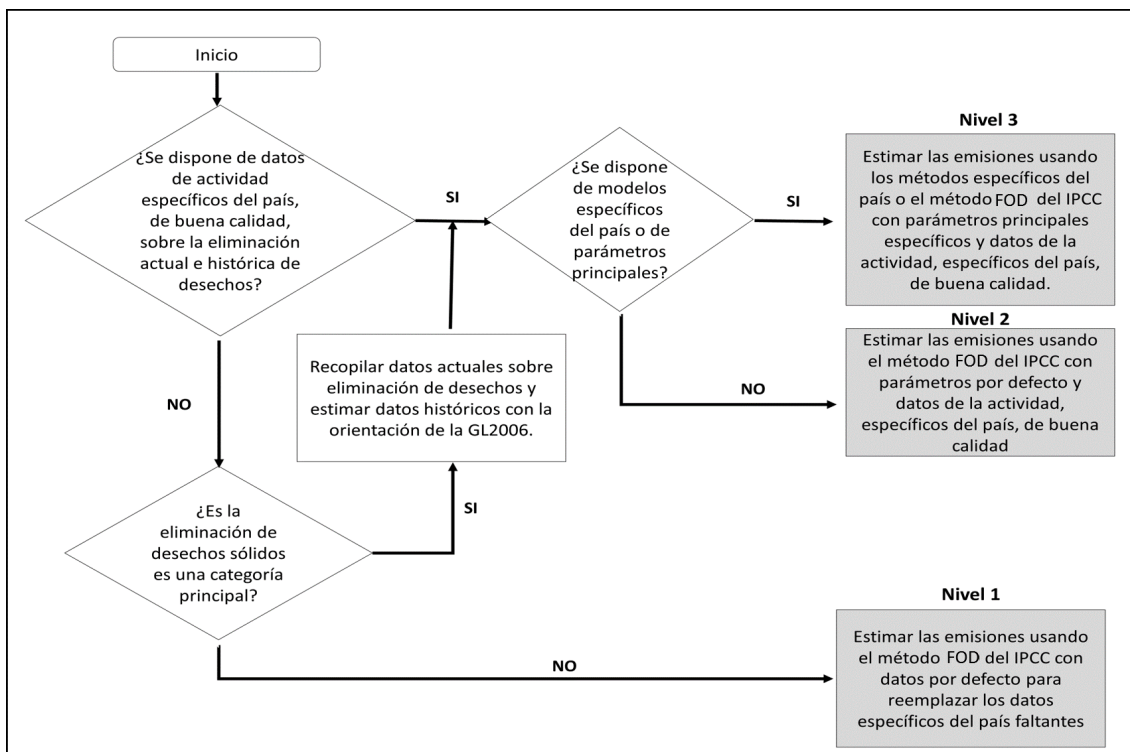
9.2.1. Método de cálculo

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 CH₄ procedentes de sitios de eliminación de desechos sólidos.

Figura 46. Árbol de decisión para para estimar las emisiones de CH₄ 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 regional 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 91. Datos de actividad utilizados en la categoría eliminación de desechos sólidos

Clasificación	Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato Regional	Unidad	Fuente de información
4	4A	Eliminación de desechos sólidos	Desechos		
			Proyección de Población total	Personas	(1) INEI (2009). PERÚ: Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, Sexo y Grupos Quinquenales de Edad 1995-2025 (p.53). Recuperado de: http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0846/libro.pdf (2) Información proporcionada por el INEI a la Dirección General de Residuos Sólidos del MINAM para la elaboración de los datos de generación nacional de residuos sólidos municipales. Recuperado del libro Excel denominado "DGRS - MINAM - GPC 2016.xls"
			Distribución de cantidad de residuos sólidos municipales y no municipales de acuerdo con su gestión	-	MINAM (2020). Información sistematizada del SIGERSOL en Libros Excel denominados: - DGRS - MINAM - GPC 2016.xls - DGRS - MINAM - Disposición final 2016.xls - DGRS - MINAM -Segregación 2016.xls - Categoría 4C2 incineración a cielo abierto. Hojas de cálculo InfoProc RRSS Incinerados de la Región 2016
			Generación per cápita anual	kg/hab/año	MINAM (2020). Generación per cápita de residuos sólidos municipales. Disponible en el libro Excel denominado "DGRS - MINAM - GPC 2016.xls"
		Composición de desechos	% según tipo de residuo	MINAM (2014). NAMA ¹⁶ de Residuos Sólidos. Disponible en el libro Excel denominado "NAMA RS GHG_BAU_Peru_final_GWP_25.xls" MINAM (2020). Composición de residuos sólidos municipales. Disponible en el libro Excel denominado "Resumen composición 2010 - 2016.xls"	

Fuente: Elaboración propia

¹⁶ Medidas de Mitigación Apropriadas para Cada País (NAMA por sus siglas en inglés)

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 regional, es decir abarcan tanto zonas urbanas como rurales. Es por ello, que el dato utilizado es la población total regional.

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 regionales realizadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) quien posee datos de población a nivel regional de los años: 1995, 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2015 y 2016.

La información faltante durante el periodo de 1996 al 2016 se obtuvo mediante la técnica de empalme de interpolación¹⁷ y la información faltante del año 1950 a 1994 se obtuvo mediante la técnica de empalme de extrapolación¹⁸. 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.

A los datos de población de la región, se ha agregado los datos de la población atendida por el relleno sanitario Huaycoloro (ubicado en Huarochirí), es decir la población de Lima metropolitana que dispone sus residuos en éste relleno sanitario desde su operación en el año 1997.

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 92. Información estimada para la región

AÑO	1950 - 2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
GPC Municipal kg/hab/día (1)	0.795	0.841	0.886	0.866	0.845	0.863	0.865
GPC Municipal kg/hab/año	290.1790138	306.7896835	323.4003532	315.9655644	308.5307756	314.9728331	315.77012
Población total	5,881,818	5,788,033	5,694,247	5,633,477	5,572,706	6,147,959	5,563,224
Generación RSM Total tn/año	1,706,780.15	1,775,708.66	1,841,521.49	1,779,984.58	1,719,351.30	1,936,440.06	1,756,699.91
A relleno sanitario tn/año (2)	1082363	1125852	1164037	1237880	1311976	1332057	1481915
% Gestionado	63.42%	63.40%	63.21%	69.54%	76.31%	68.79%	84.36%
Recuperación de RSM reportada tn/año (3)	-	-	-	-	1,235.04	718.86	591.93
% RSM inorgánicos recuperados	-	-	-	-	0.07%	0.04%	0.03%
RSM aprovechados en zona rural (orgánico y follaje) tn/año (4)	-	-	-	-	-	-	4,651.77
% RSM orgánicos recuperados	-	-	-	-	-	-	0.26%
RSM incinerados tn/año (4)	-	-	-	-	-	-	4,026.35
% RSM incinerados	-	-	-	-	-	-	0.23%
RSM dispuestos en áreas degradadas (botaderos) No Categorizado tn/año	624,417.15	649,856.66	677,484.49	542,104.58	406,140.26	603,664.20	265,514.86
% No categorizado	36.58%	36.60%	36.79%	30.46%	23.62%	31.17%	15.11%
Verificación	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Fuentes:

(1) MINAM - DGRS, 2019. Información de GPC Nacional proporcionada por la DGRS MINAM. Disponible en el archivo "Generación de RRSS Municipales 2010-2018.rar"

¹⁷ 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

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. 5.12. Disponible en https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_5_Ch5_Timeseries.pdf

- (2) INEI - Anuario de Estadísticas Ambientales 2010 - 2016
 (3) MINAM, 2020 - Valorización de RS Municipales 2014 -2016.rar
 (4) MINAM, 2020 - Categoría 4C2 incineración a cielo abierto. 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 de la región sobre la generación de residuos sólidos ni la GPC desde el año 1950 al 2013, se asume que, la GPC para ese periodo es la misma que el año 2014, considerando que, es el año más cercano con información obtenido de la DGRS - MINAM. A partir del año 2014, 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.
- Dado que el relleno sanitario Huaycoloro ubicado en la región de Lima, también atiende a la población de Lima Metropolitana, se ha estimado un GPC promedio ponderado, calculado a partir del GPC promedio de la región Lima y el GPC promedio de la población atendida por el relleno sanitario Huaycoloro.
- 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 por distrito, tanto para los distritos atendidos por el relleno sanitario Huaycoloro como para los distritos ubicados dentro de la región de Lima, 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.

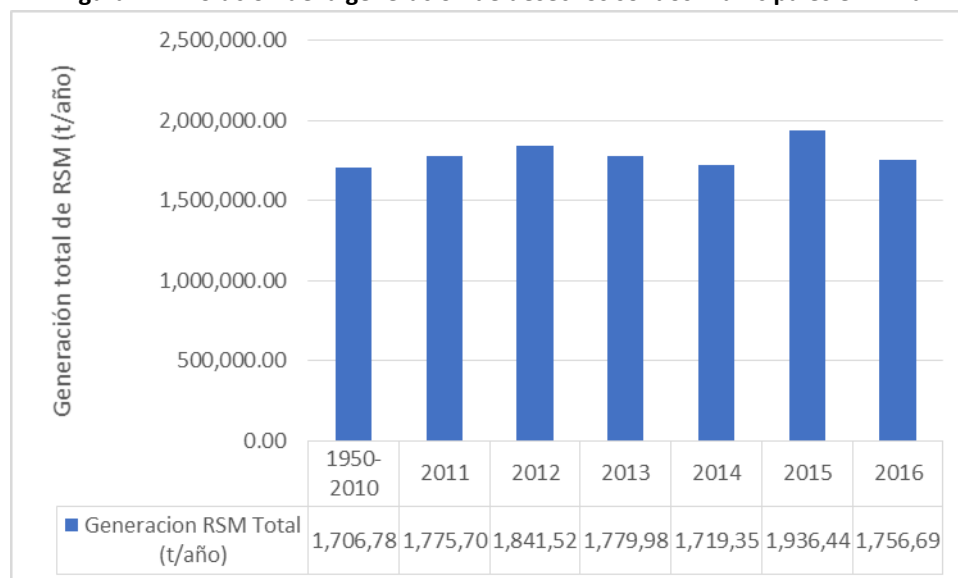
En la siguiente tabla, se muestra los valores de GPC promedio ponderado, calculado a partir del GPC promedio de la región Lima y el GPC promedio de la población atendida por el relleno sanitario Huaycoloro.

Tabla 93. Generación per cápita de desechos sólidos municipales, promedio ponderado estimado para el cálculo de emisiones de la región

Año	GPC kg/hab/día
1950 – 2010	0.80
2011	0.84
2012	0.89
2013	0.87
2014	0.85
2015	0.86
2016	0.87

Fuente: Elaboración propia

Figura 47. Evolución de la generación de desechos sólidos municipales en Lima



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura anterior, la generación de residuos sólidos en la región se ha incrementado con el paso de los años, esto debido al nivel de consumo de los habitantes y al crecimiento de la población.

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 – 2013, 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 2014. Para estimar la generación de residuos sólidos anuales únicamente se multiplicó la GPC por la población total regional 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 regional.

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 regional 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 - 2013 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 2014 – 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 94. Composición de residuos sólidos municipales para el año 2016

Año	Alimentos	Jardín	Papel	Madera	Textiles	Residuos Sanitarios	Plásticos y otros inertes	Total
	%	%	%	%	%	%	%	(=100%)
2016	51%	3%	7%	0%	1%	8%	29%	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 95. Factores de emisión y conversión utilizados para estimación de emisiones de la categoría Eliminación de Desechos Sólidos

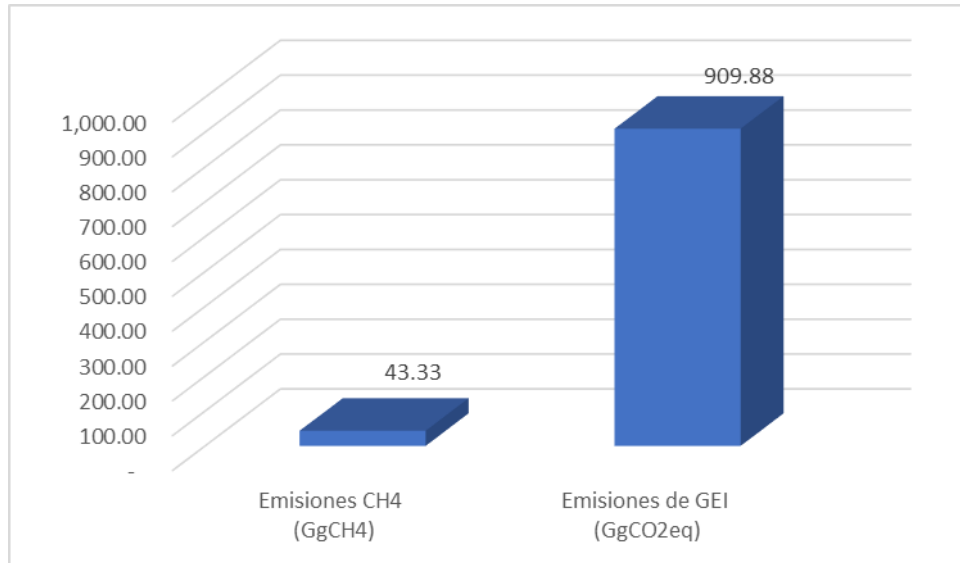
Clasificación	Fuente de emisión	Factor de conversión	calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información
4A	Eliminación de desechos sólidos	Factor de Corrección de Metano	varios	Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 3, Pág. 3.15
		Fracción de Carbono Orgánico Degradable (COD)	varios	Directrices 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 43.33 GgCH₄ que equivale a 909.88 GgCO₂eq, representando el 93.86 % de las emisiones del sector Desechos.

Figura 48. 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 de la Región Lima 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

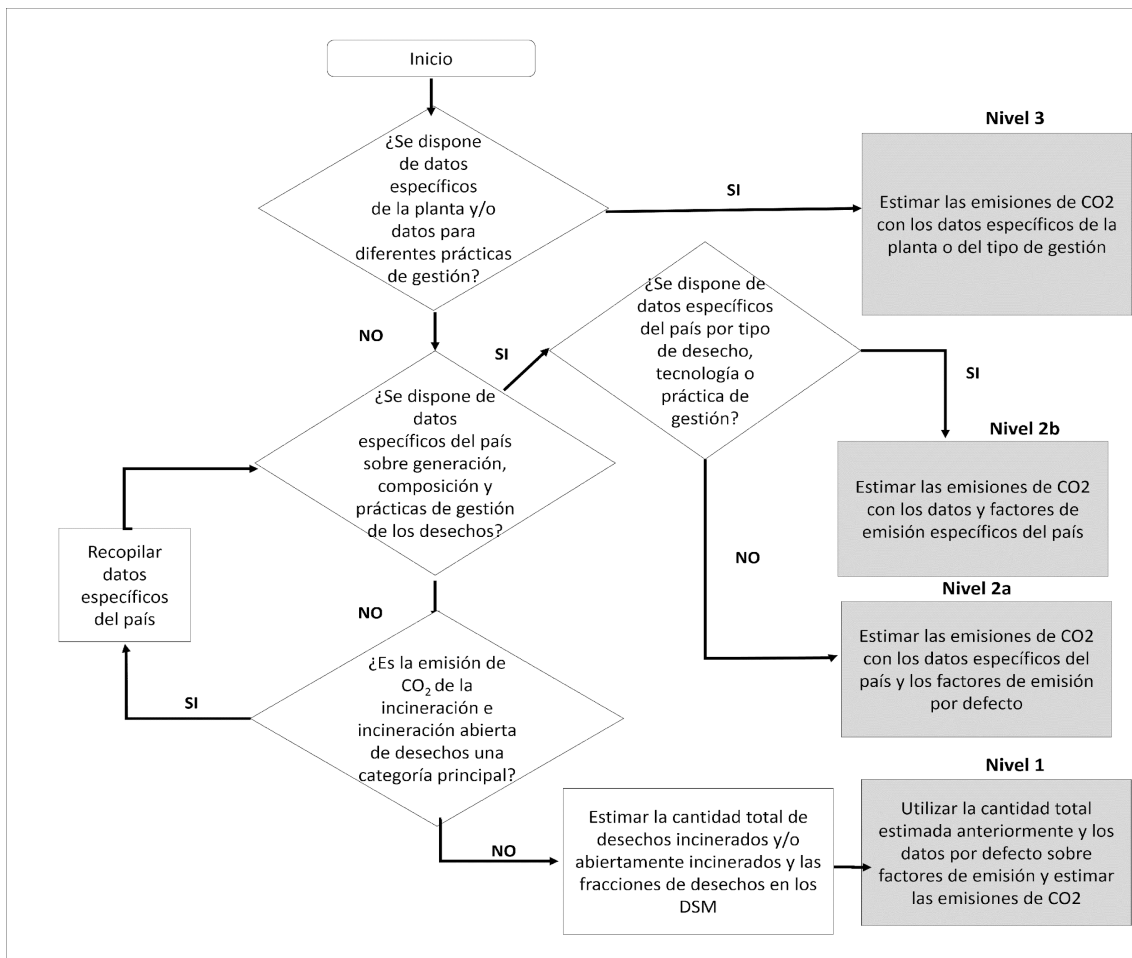
Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles (el segundo nivel sub dividido en 2) de cálculo para estimar las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), y tres niveles para el cálculo de metano y óxido nitroso (CH_4 y N_2O), cuyas características se describen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

Para las emisiones de CO_2

- 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 CO₂ de la quema a cielo abierto de desechos.

Figura 49. Árbol de decisión para las emisiones de CO₂ 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.

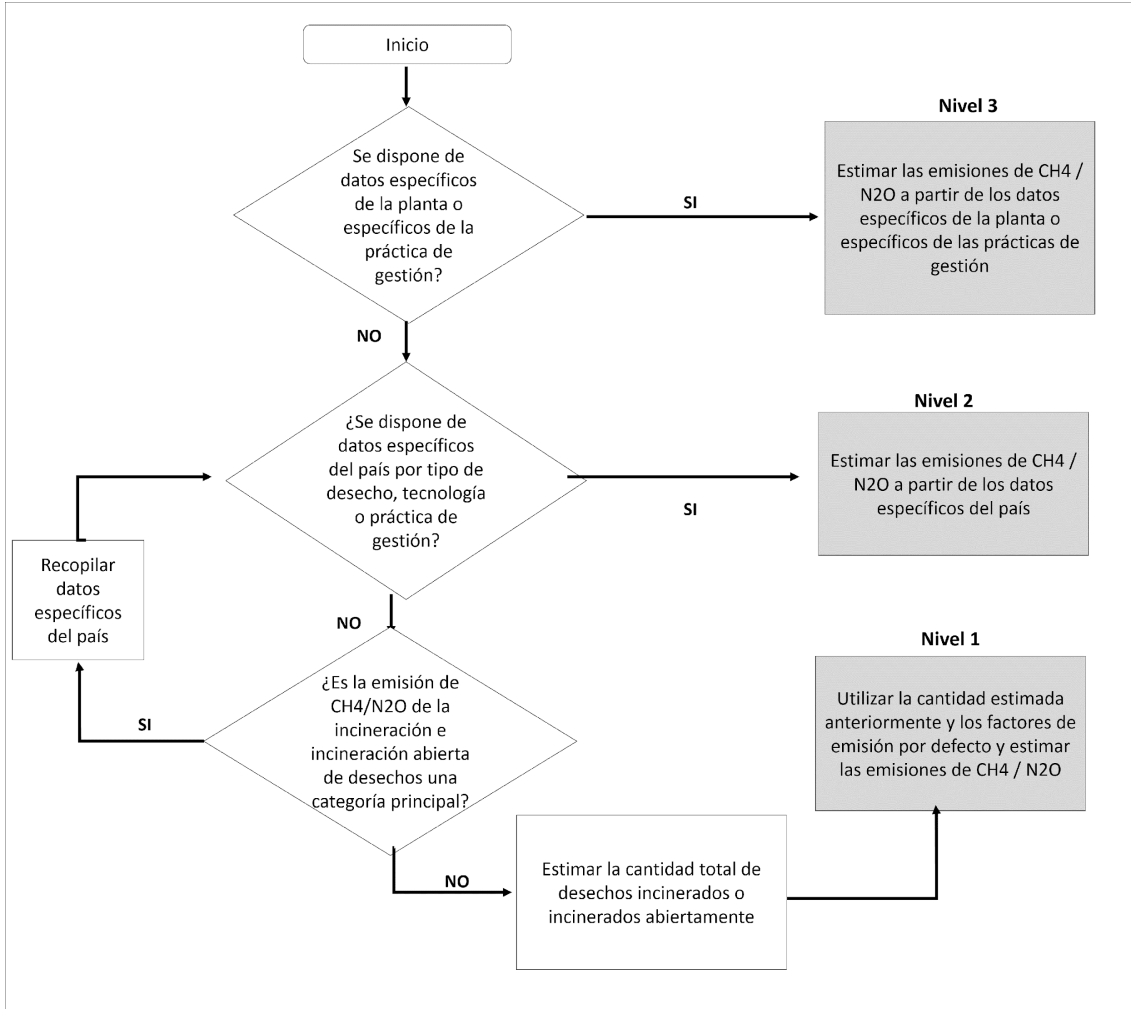
Por lo anterior, para estimar las emisiones de dióxido de carbono de esta subcategoría, se aplicó el método del nivel 1.

Para las emisiones de CH₄ y N₂O

- 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 CH₄ y N₂O de la quema a cielo abierto de desechos.

Figura 50. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH₄ y N₂O 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 nítrico 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 96. Datos de actividad utilizados en la subcategoría de Incineración Abierta de Desechos Sólidos

Clasificación	Fuente de emisión	Datos de actividad IPCC	Dato Regional	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	(1) MINAM (2020). Valores calculados en base Al libro Excel "GPC rural 2016.xls" (2) Información proporcionada por el INEI a la Dirección General de Residuos Sólidos del MINAM para la elaboración de los datos de generación nacional de residuos sólidos municipales. Disponible en el libro Excel "GPC rural 2016.xls"
			Población Rural que incinera residuos sólidos	Habitantes	
			Generación per cápita rural según distrito y región geográfica	kg/hab/día	MINAM (2020). Generación per cápita de residuos sólidos municipales rurales. Disponible en el libro Excel denominado "DGRS - MINAM GPC RURAL2016.xls"
			Composición de desechos	% según tipo de residuo	
			Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos	-	

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 74,015 habitantes.

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 la región se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 97. GPC promedio rural

Año	GPC promedio (kg/hab/día)
2016	0.41

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 reutilizados¹⁹, 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 98. Total de residuos sólidos incinerados (t/año)

Año	Total de residuos incinerados considerados en el cálculo (t/año)
2016	4,026.35

Fuente: Elaboración propia

c) Composición de desechos

El MINAM posee una base de datos sobre la composición de desechos a nivel regional 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 99. Composición de desechos sólidos en zonas rurales en la región

Año	Materia Orgánica	Madera a follaje	Papel	Textiles	Pañales	Botellas y vidrio	Metal	Plásticos	Otros inertes	Total
2016	50%	3%	7.01%	1.41%	8.16%	2.75%	2.28%	10.36%	14.43%	100%

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,

¹⁹ 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

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 la región Lima se evidenció la presencia del relleno sanitario Huaycoloro el cual se ubica fuera de Lima Metropolitana 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 100. Factores de emisión y conversión utilizados para estimación de emisiones de la Incineración Abierta de Desechos Sólidos

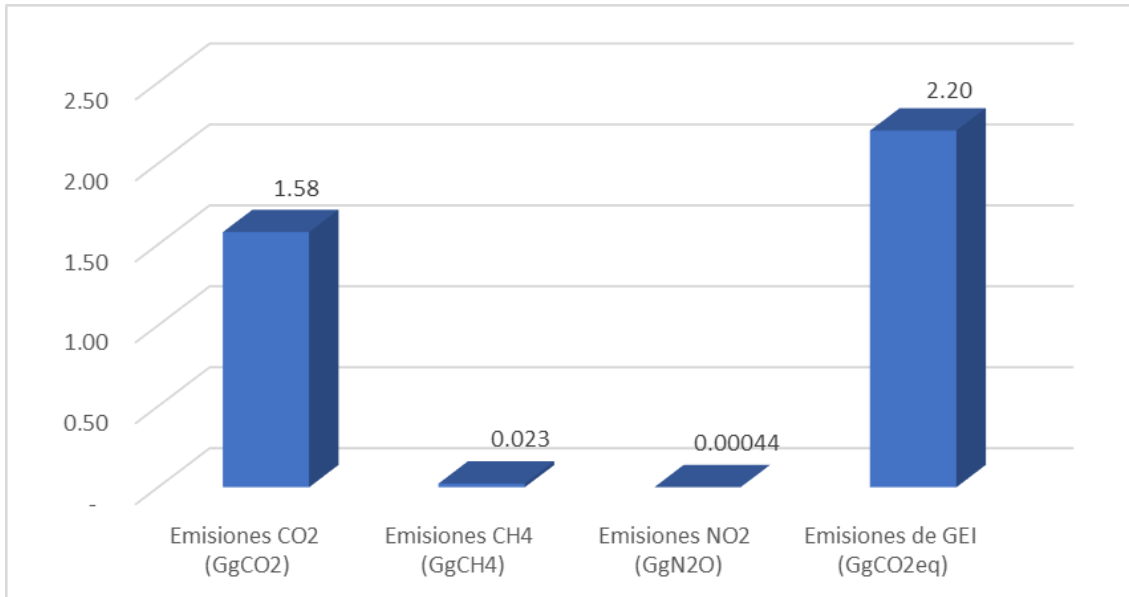
Clasificación	Fuente de emisión	Factor de conversión	Calculado (C)/ por defecto (D)	Fuente de información
4C	Incineración abierta de desechos	Contenido de materia seca en los desechos (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, (fracción)	D	Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 2: 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 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 ₂ O (kg. de N ₂ O/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 1.58 CO₂, 0.02 GgCH₄ y 0.0004 GgN₂O que equivalen a 2.20 GgCO₂eq, representando el 0.23% de las emisiones del sector.

Figura 51. 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

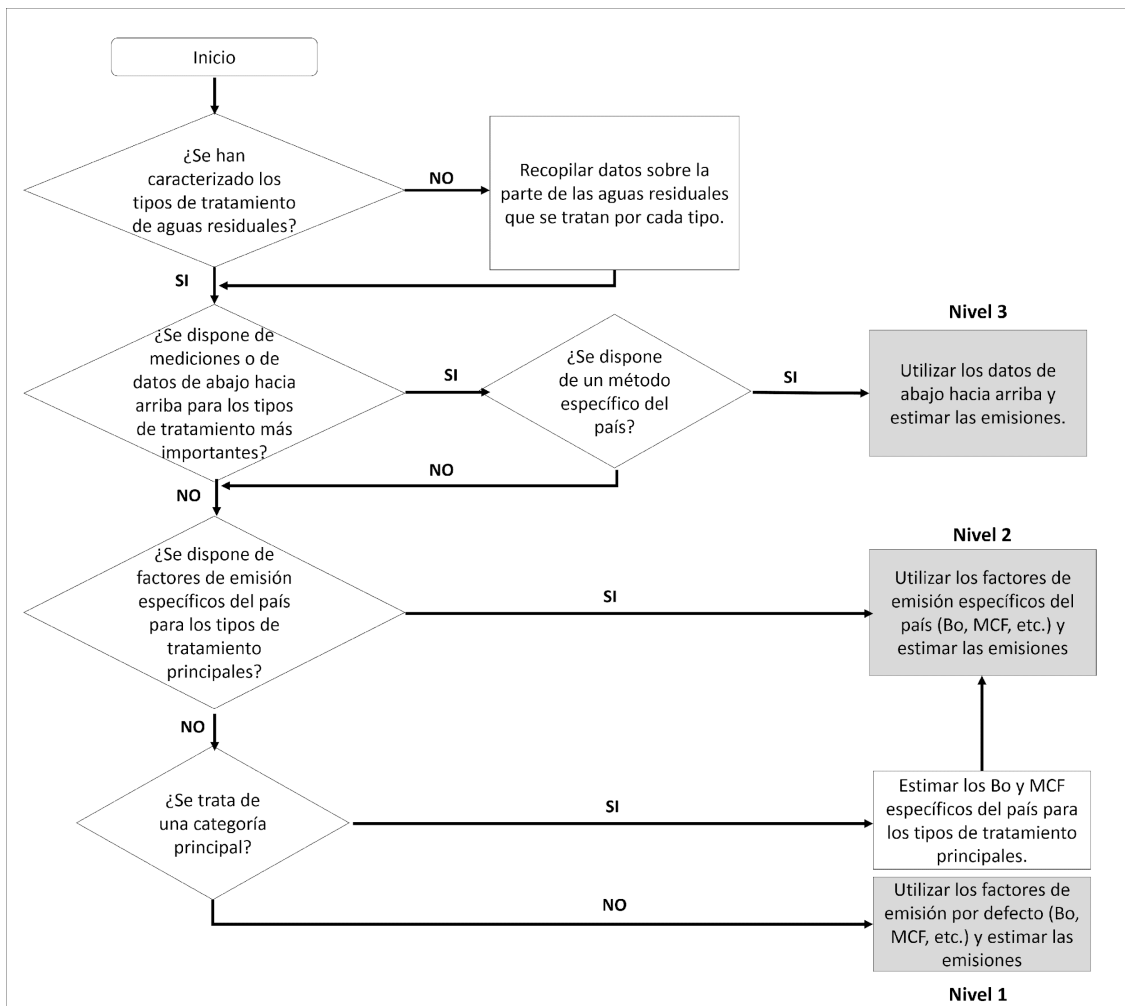
Las Directrices del IPCC de 2006 establecen tres niveles de cálculo para estimar las emisiones de metano (CH₄); y orientaciones de buena práctica para estimar las emisiones de óxido nitroso (N₂O).

Para las emisiones de CH₄

- 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 de 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 CH₄ procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas.

Figura 52. Árbol de decisión para las emisiones de CH₄ 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 regional.
- 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 N₂O

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, se considera una buena práctica realizar la estimación de estas emisiones indirectas de N₂O 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 N₂O procedentes de las aguas residuales domésticas

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O} = N_{\text{EFLUENTE}} \times EF_{\text{EFLUENTE}} \times 44/28$$

Donde:

- N₂O = emisiones de N₂O durante el año del inventario (kg N₂O/año)
- N_{EFLUENTE} = Nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, kg N/año
- EF_{EFLUENTE} = Factor de emisión para las emisiones de N₂O procedentes de la eliminación en aguas residuales, kg N₂O/kg N
- 44/28 = Conversión de kg de N₂O-N en Kg de N₂O

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 5, Capítulo 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 101. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas

Clasificación	Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato Regional	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 Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos del MINAM para la elaboración de los datos de generación nacional de residuos sólidos municipales. Disponible en el archivo Generación 2016.xls
			Población con alcantarillado	personas	SUNASS (2017). Benchmarking Regulatorio de las Empresas Prestadoras. Población con alcantarillado para el año 2016. Recuperado de https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/3.-Benchmarking-regulatorio-de-las-EPS-datos-2016.pdf
			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. (p.48). Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf
		DBO por persona	DBO ₅	g/hab.día	MVCS (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.
		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	-	
-				MVCS (2020). Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural 2018 - 2020, Disponible en el libro Excel denominado "Sistemas de eliminación de excretas - Vivienda 2018 - 2020. xls"	

					m3	SUNASS (2020). Gerencia de Supervisión y Fiscalización de SUNASS. Volumen recolectado de ARD y volumen tratado de ARD para los años 2010 - 2018. Archivo Excel INFO SUNASS 742020.xls
		Factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en alcantarillas (l)	Factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en alcantarillas (l)		-	Dato de actividad directo: 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 Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos del MINAM para la elaboración de los datos de generación nacional de residuos sólidos municipales. Disponible en el archivo Generación 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 la estimación en región Lima, se ha obtenido datos de población a nivel regional 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 102. Fuente de información de población regional 2016

Año	Población total región Lima	Población región Lima	
		URBANA	RURAL
2016	954,024	772,698	181,326

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 la región Lima se obtuvo la siguiente información:

Tabla 103. Gestión de las aguas residuales domésticas en región Lima

EPS	Población administrada	% Cobertura de alcantarillado	Población con alcantarillado	Volumen recolectado de ARD (m ³)	Volumen total tratado de ARD (m ³)
EMAPA CAÑETE S.A.	185,496	62%	115,693.86	6,407,086.98	655,949
EMAPA HUARAL S.A.	87,037	78%	67,523.30	3,914,528.00	0
SEMAPA BARRANCA S.A	76,820	81%	62,285.66	4,704,882.29	180,383
TOTAL	349,353		245,503	15,026,497	836,332

Fuente: SUNASS – Elaboración propia

De acuerdo con dicha información se observa que existe tratamiento de aguas residuales domésticas realizada por la EPS EMAPA CAÑETE SA y la EPS SEMAPA BARRANCA SA. para el año 2016 y de acuerdo con SUNASS estas aguas residuales domésticas son tratadas con dos lagunas facultativas 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 regional, 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 104. 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 ha 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 INEI²⁰ que indica un valor del 17% del total de la población rural.

²⁰ 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 regional relevante que detalla información para el Perú de manera específica y es la que se está tomando para Lima.

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 105. Datos de actividad para la estimación de emisiones de N₂O 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 nítrico y se listan a continuación:

Tabla 106. 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 107. Parámetros por defecto utilizados en la estimación de las emisiones de óxido nítrico de aguas residuales domésticas

Fuente de emisión	Factores de emisión y conversión	Valor	Unidad	Fuente de información
Emisiones de óxido nítrico	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.

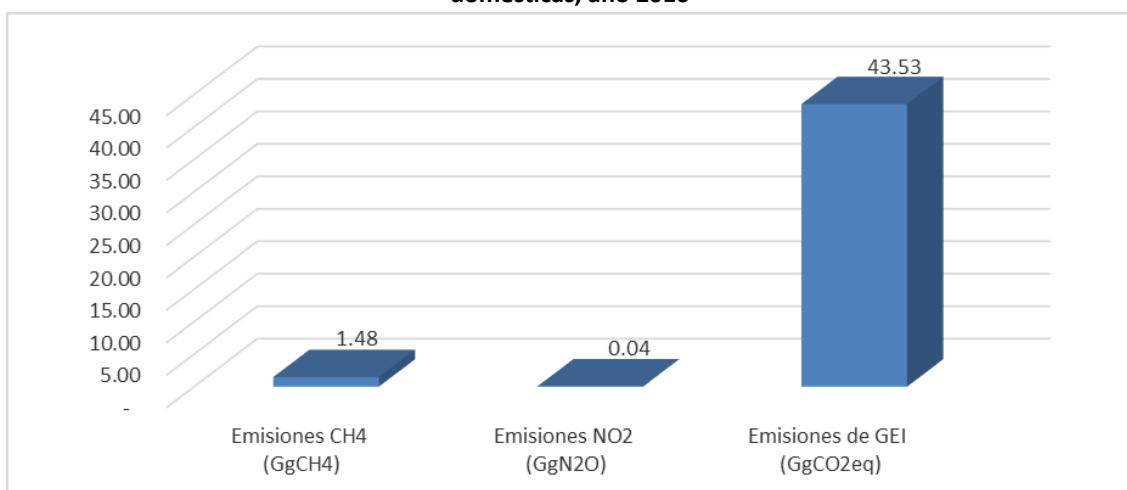
	Nitrógeno eliminado en lodos N_{LODO} (KgN/año)	0	Kg N/año	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Ecuación 6.8, pág. 6.25.
	Factor de emisión del N_2O $EF_{EFLUENTE}$ (kg N_2O -N/kg N)	0.005	kg N_2O -N/kg N	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 5, Capítulo 6, Tabla 6.11, pág. 6.37.
	Factor 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 1.48 GgCH₄ y 0.04 GgN₂O que equivalen a 43.53 GgCO₂eq, representando el 4.49% de las emisiones del sector.

Figura 53. 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

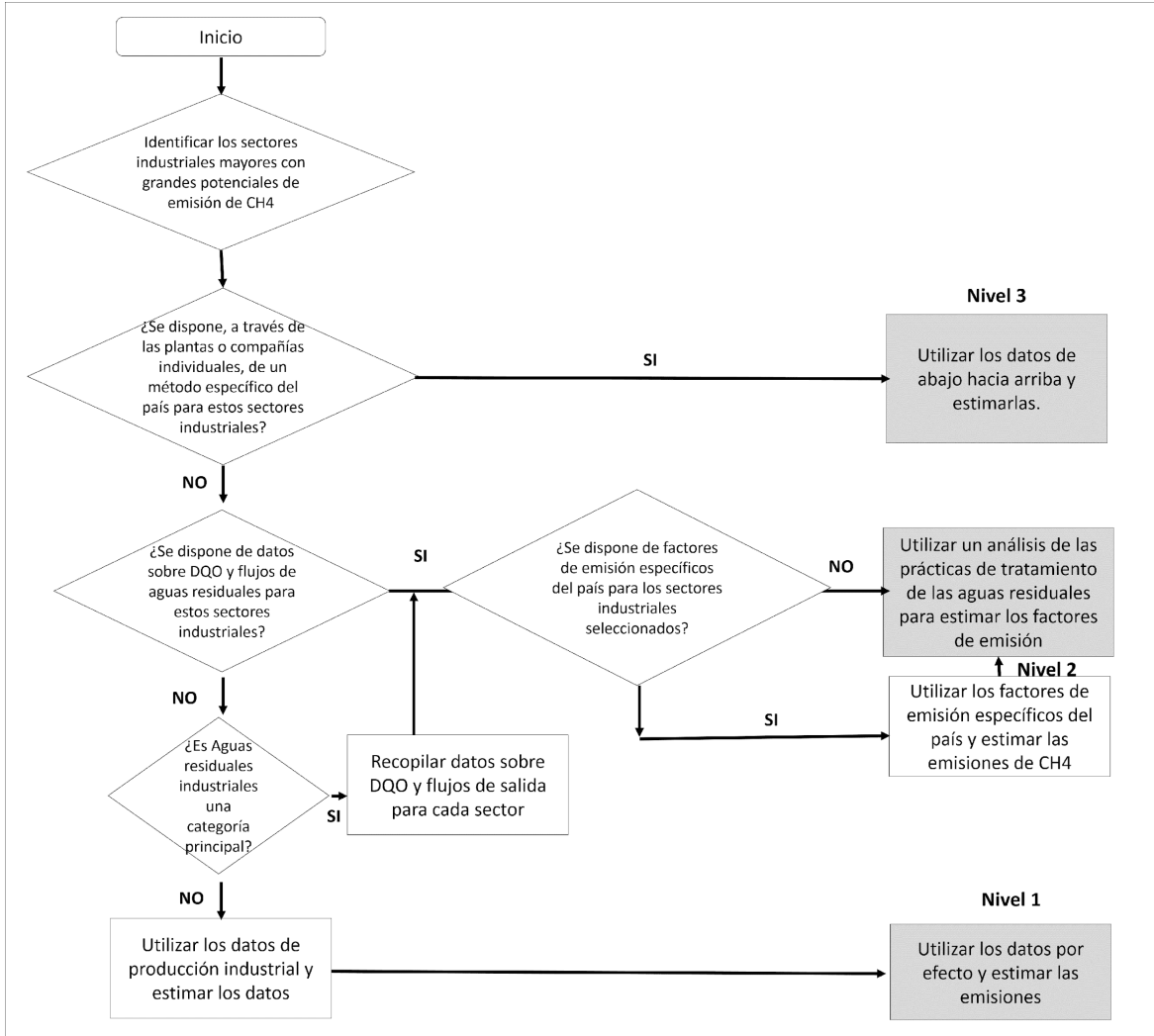
9.4.2.1. Método de cálculo

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 de 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 CH₄ procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales.

Figura 54. Árbol de decisión para las emisiones de CH₄ 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 regional 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 108. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales

Clasificación		Fuente de emisión	Dato de actividad IPCC	Dato Regional	Unidad	Fuente de información	
DESECHOS							
Tratamiento y eliminación de aguas residuales							
4	4D	4D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	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 (P)	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
					Valor agregado bruto manufactura y pesca regional	%	INEI. (2019) PERÚ: PRODUCTO BRUTO INTERNO POR DEPARTAMENTO Recuperado de https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/producto-bruto-interno-por-departamentos-9089/
				Tipos de tratamiento	Tipos de tratamiento de las aguas residuales industriales previos a su vertimiento o al cuerpo de agua natural	-	ANA. (2020) Informes técnicos sobre autorización de vertimientos otorgado por la Autoridad Nacional del Agua. Disponible en los libros Excel denominados: "Tipos de tratamiento de ARI - Informes Primigenios.xls" "Autorizaciones de vertimiento Industria - ANA.xls"

Fuente: Elaboración propia

a) Producción industrial:

Dado el limitado acceso a la información de producción industrial a nivel regional, 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 regional 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 CIU del 2016 proporcionada por SUNAT donde se brinda información de las industrias registradas a nivel regional.

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 109. 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

regional 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 110. Estimación del Factor de emisión de metano medio

Año	FCM medio	Capacidad máxima de producción de CH ₄ (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 CH₄/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 CH₄/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 111. 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
Carnes 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 112. 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/brewing-techniques/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 113. 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

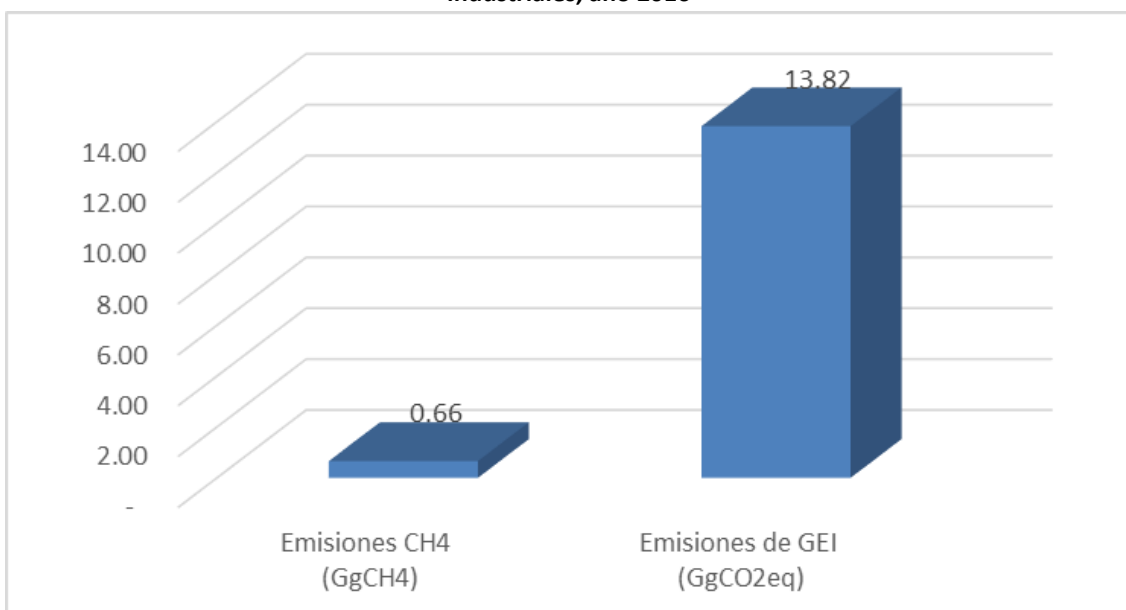
Notas: ND = No Disponible.
Fuente: Doorn *et al.* (1997).

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 0.66 GgCH₄ que equivale a 13.82 GgCO₂eq, representando el 1.43% de las emisiones del sector.

Figura 55. Emisiones de GEI generados por el tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales, año 2016



Fuente: Elaboración propia

10. BIBLIOGRAFÍA

- INEI (2018). Lima Resultados definitivos. Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017. Recuperado de: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1550/15BTOMO_01.pdf
- INEI (2017). Lima: Compendio estadístico 2017. Recuperado de: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1535/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 en 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. Región Lima	6
Figura 2. Producción de electricidad 2010 - 2016	8
Figura 3. Parque automotor 2011 – 2016	9
Figura 4. Combustibles empleados en el transporte terrestre 2010 – 2016	9
Figura 5. Evolución de la producción de carbón mineral 2011 – 2016	10
Figura 6. Población de ganado por especie avícola, Lima periodo 2014-2016	11
Figura 7. Población de ganado por especie, Lima periodo 2012-2016	11
Figura 8. Superficie cultivada de los principales cultivos agrícolas, 2016	13
Figura 9. Población que usa leña y/o carbón para preparar alimentos en Lima	14
Figura 10. Superficie reforestada anualmente (ha) en el periodo 2007-2016, Lima	14
Figura 11. Generación de residuos sólidos en Lima, 2010 – 2016	15
Figura 12. Ecuación básica para el cálculo de las emisiones de GEI	18
Figura 13. Ecuación de emisiones de GEI (CO ₂ eq)	19
Figura 14. Distribución porcentual de las emisiones por sectores en el 2016	20
Figura 15. Distribución de emisiones por subcategorías del sector energía - combustión estacionaria, 2016	25
Figura 16. Árbol de decisión para estimar las emisiones de la combustión estacionaria estacionarias	27
Figura 17. Emisiones de GEI generados actividades de quema de combustibles, año 2016	33
Figura 18. Árbol de decisión para las minas de carbón subterráneo	34
Figura 19. Emisiones fugitivas por la producción de carbón, año 2016	35
Figura 20. Árbol de decisión para las emisiones de CO ₂ procedentes de la quema de combustible en vehículos terrestres.	38
Figura 21. Árbol de decisión para las emisiones de CH ₄ y N ₂ O de los vehículos terrestres	39
Figura 22. Emisiones de GEI generados actividades de quema de combustibles, año 2016	43
Figura 23. Distribución de emisiones por categorías de GEI del sector Agricultura, 2016	46
Figura 20. Árbol de decisiones para las emisiones de CH ₄ , resultantes de la fermentación entérica	47
Figura 25. Emisiones de GEI generados por la fermentación entérica, año 2016	53
Figura 26. Árbol de decisión de emisiones de CH ₄ , resultantes de la gestión del estiércol	54
Figura 27. Árbol de decisión de emisiones de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol	55
Figura 28. Emisiones de GEI generados por manejo de estiércol, año 2016	60
Figura 29. 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	61
Figura 30. Emisiones de GEI generados por la quema de biomasa de cultivos y pastizales, año 2016	66
Figura 31. Árbol de decisión para la identificación del nivel apropiado para la estimación de las emisiones de CO ₂ fertilización con urea	67
Figura 32. Árbol de decisión para emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados	70

Figura 29. Emisiones directas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados, año 2016	75
Figura 30. Árbol de decisión de emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	76
Figura 35. Emisiones indirectas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados, año 2016	78
Figura 36. Árbol de decisión de emisiones de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol	79
Figura 37. Emisiones de GEI generados por emisiones indirectas de N ₂ O del manejo de estiércol, año 2016	83
Figura 38. Distribución de emisiones por categorías de GEI del sector UTCUTS, 2016	86
Figura 39. 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	88
Figura 40. 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	89
Figura 41. 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	90
Figura 42. Resultados de emisiones y remociones de GEI en tierras forestales	101
Figura 43. Resultados de emisiones y remociones de GEI en tierras de cultivo	110
Figura 44. Resultados de emisiones y remociones de GEI en pastizales	116
Figura 45. Distribución de GEI de las emisiones del Sector Desechos	127
Figura 46. Árbol de decisión para para estimar las emisiones de CH ₄ procedentes de la eliminación de desechos sólidos	128
Figura 47. Evolución de la generación de desechos sólidos municipales en Lima	133
Figura 48. Emisiones de GEI generados por la eliminación de desechos sólidos, año 2016	135
Figura 49. Árbol de decisión para las emisiones de CO ₂ procedentes de la incineración e incineración abierta de desechos	136
Figura 50. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH ₄ y N ₂ O procedentes de la incineración e incineración abierta de desechos	137
Figura 51. Emisiones de GEI generados por la incineración abierta de desechos sólidos, año 2016	141
Figura 52. Árbol de decisión para las emisiones de CH ₄ procedentes de las aguas residuales domésticas	142
Figura 53. Emisiones de GEI generados por el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas, año 2016	149
Figura 54. Árbol de decisión para las emisiones de CH ₄ procedentes del tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	150
Figura 55. Emisiones de GEI generados por el tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales, año 2016	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica de la región Lima	6
Tabla 2. Población de ganado por especie, periodo 2014-2016	10
Tabla 3. Superficie y producción anual de los principales cultivos agrícolas, 2016	12
Tabla 4. Número de PTAR por EPS, en Lima	16
Tabla 5. PTAR con tratamiento preliminar en región Lima	16
Tabla 6. PTAR con tratamiento primario en región Lima	16
Tabla 7. PTAR con tratamiento secundario en región Lima	17
Tabla 8. Emisiones y remociones de gases de efecto invernadero de región Lima del año 2016	20
Tabla 9. Análisis de categorías principales – región Lima 2016	22
Tabla 10. Categoría de emisiones y gases generados	24
Tabla 11. Resultados de emisiones de GEI del sector Energía – combustión estacionaria y emisiones fugitivas	25
Tabla 12. Datos de actividad utilizados en las subcategorías de Actividades de quema de combustibles	29
Tabla 13. Factores de emisión por tipo de combustibles	32
Tabla 14. Valor Calórico Neto de los combustibles	32
Tabla 15. Densidad de los combustibles	33
Tabla 16. Datos de actividad utilizados en las subcategorías de Actividades de quema de combustibles	35
Tabla 17. Factor de emisión del metano de la minería subterránea del carbón	35
Tabla 18. Categoría de emisiones y gases generados	36
Tabla 19. Resultados de emisiones de GEI del sector Energía – combustión móvil	36
Tabla 20. Correspondencia de tipo de vehículos entre las subcategorías del IPCC y la clasificación vehicular del Perú	37
Tabla 21. Datos de actividad utilizados en la subcategoría de transporte terrestre	40
Tabla 22. Factores de emisión de CO ₂	42
Tabla 23. Factores de emisión de CH ₄ y N ₂ O	42
Tabla 24. Valor Calórico Neto de los combustibles	42
Tabla 25. Densidades de los combustibles.	42
Tabla 26. Gases estimados en el sector agricultura	44
Tabla 27. Resultados de emisiones de GEI del sector Agricultura	44
Tabla 28. Datos de actividad utilizados en la subcategoría para Fermentación Entérica	49
Tabla 29. Población de animales vivos, año 2016	50
Tabla 30. Población de ganado vacuno desagregado en vacuno lechero y otro ganado vacuno, año 2016	50
Tabla 31. Periodo de vida de especies de ganado que viven menos de 1 año	50
Tabla 32. Población media anual de animales vivos por especie, año 2016	50
Tabla 33. Caracterización mejorada de la población media anual del ganado vacuno, año 2016	51

Tabla 34. Factores de emisión de metano de la fermentación entérica por clase de ganado vacuno	51
Tabla 35. Factores de emisión de metano de la fermentación entérica de otras especies de ganado	52
Tabla 36. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Manejo de Estiércol	57
Tabla 37. Población media anual de animales vivos por especie, año 2016	58
Tabla 38. Distribución porcentual de los sistemas de manejo del estiércol existente para cada tipo de ganado	58
Tabla 39. Factores de emisión para emisiones de metano provenientes del manejo del estiércol	59
Tabla 40. Factores de emisión para emisiones directas de óxido nitroso del manejo del estiércol	59
Tabla 41. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Emisiones por Quema de Biomasa	63
Tabla 42. Variables para estimar la superficie quemada de cultivos, año 2016	64
Tabla 43. Variables para estimar la superficie de pastos quemados, año 2016	64
Tabla 44. Masa de combustible disponible para combustión	64
Tabla 45. Variables para estimar la masa de combustible disponible para combustión de los otros cultivos	65
Tabla 46. Factores de emisión por gas de efecto invernadero generado en la combustión	65
Tabla 47. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Aplicación de Urea	68
Tabla 48. Variables para estimar la cantidad de urea aplicada por la región	69
Tabla 49. Factor de emisión para la estimación de emisiones por aplicación de urea	69
Tabla 50. Datos de actividad para la subcategoría Emisiones Directas de N ₂ O provenientes de Suelos Gestionados (3C4)	71
Tabla 51. Variables para estimar la cantidad aplicada de fertilizantes nitrogenados de la región	73
Tabla 52. Superficie cosechada, producción y superficie quemada de los principales cultivos, año 2016	73
Tabla 53. Pérdida promedio anual de carbono del suelo por categoría de uso de la tierra, año 2016	74
Tabla 54. Factores de emisión para emisiones directas de N ₂ O procedentes de suelos gestionados	74
Tabla 55. Factores de emisión de las emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	77
Tabla 56. Datos de actividad utilizados en la subcategoría Emisiones Indirectas por Manejo de Estiércol	81
Tabla 57. Porcentaje de pérdida de nitrógeno debido a la volatilización de NH ₃ y NO _x de la gestión del estiércol	82
Tabla 58. Factores de Emisión de las emisiones indirectas de N ₂ O del manejo de estiércol	82
Tabla 59. Gases estimados en el sector UTCUTS	84
Tabla 60. Resultados de emisiones de GEI del sector UTCUTS	84
Tabla 61. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales	92
Tabla 62. Superficies de permanencia en tierras forestales que permanecen como tierras forestales	94
Tabla 63. Variables empleadas y volumen estimado de leña consumida, año 2016	94
Tabla 64. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en tierras forestales	95
Tabla 65. Superficies de conversión en tierras convertidas en tierras forestales, periodo 2014-2016	97
Tabla 66. Proporción de plantaciones forestales instaladas dentro de las tierras convertidas en tierras forestales	97

Tabla 67. Superficies de tierras convertidas en tierras forestales divididas por tipo de gestión en el periodo 2014-2016	98
Tabla 68. Factores de emisión para tierras forestales que permanecen como tierras forestales	99
Tabla 69. Factores de emisión para tierras convertidas en tierras forestales	100
Tabla 70. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo	103
Tabla 71. Superficie instalada de cultivos perennes en el 2015 y 2016	104
Tabla 72. Superficies en crecimiento y pérdidas en el 2016	104
Tabla 73. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en tierras de cultivo	106
Tabla 74. Superficies de conversión en tierras de cultivo anualizadas al 2016	107
Tabla 75. Factores de emisión para tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo	107
Tabla 76. Factores de emisión para tierras convertidas en tierras de cultivo	108
Tabla 77. Datos de actividad utilizados en la subcategoría pastizales que permanecen como pastizales	112
Tabla 78. Superficies de permanencia en pastizales, periodo 2014-2016	112
Tabla 79. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en pastizales	113
Tabla 80. Superficies de conversión en pastizales anualizadas al 2016	114
Tabla 81. Factores de emisión para pastizales que permanecen como pastizales	114
Tabla 82. Factores de emisión para tierras convertidas en pastizales	115
Tabla 83. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en asentamientos	118
Tabla 84. Superficies de conversión en asentamientos anualizadas al 2016	119
Tabla 85. Factores de emisión para tierras convertidas en asentamientos	119
Tabla 86. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tierras convertidas en otras tierras	122
Tabla 87. Superficies de conversión en tierras convertidas en otras tierras anualizadas al 2016	123
Tabla 88. Factores de emisión para tierras convertidas en otras tierras	123
Tabla 89. Categoría de emisiones y gases generados	126
Tabla 90. Resultados de emisiones de GEI del sector Desechos - eliminación de desechos sólidos	127
Tabla 91. Datos de actividad utilizados en la categoría eliminación de desechos sólidos	130
Tabla 92. Actividades realizadas en el marco de la gestión de residuos sólidos municipales en Lima	131
Tabla 93. Generación per cápita de desechos sólidos municipales	132
Tabla 94. Composición de residuos sólidos municipales para el año 2016	134
Tabla 95. Factores de emisión y conversión utilizados para estimación de emisiones de la categoría Eliminación de Desechos Sólidos	134
Tabla 96. Datos de actividad utilizados en la subcategoría de Incineración Abierta de Desechos Sólidos	137
Tabla 97. GPC promedio rural	139
Tabla 98. Total de residuos sólidos incinerados (t/año)	139
Tabla 99. Composición de desechos sólidos en zonas rurales en la región	139

Tabla 100. Factores de emisión y conversión utilizados para estimación de emisiones de la Incineración Abierta de Desechos Sólidos	140
Tabla 101. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	144
Tabla 102. Fuente de información de población regional 2016	146
Tabla 103. Gestión de las aguas residuales domésticas en región Lima	146
Tabla 104. Porcentaje de viviendas por tipo de eliminación sanitaria de excretas en el ámbito rural	147
Tabla 105. Datos de actividad para la estimación de emisiones de N ₂ O en aguas residuales domésticas	148
Tabla 106. Parámetros por defecto utilizados en la estimación de las emisiones de metano de aguas residuales domésticas	148
Tabla 107. Parámetros por defecto utilizados en la estimación de las emisiones de óxido nitroso de aguas residuales domésticas	148
Tabla 108. Datos de actividad utilizados en la subcategoría tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	151
Tabla 109. Tipos de tratamientos de aguas residuales industriales identificados	152
Tabla 110. Estimación del Factor de emisión de metano medio	153
Tabla 111. Valores de FCM por defecto para las aguas residuales industriales	153
Tabla 112. Densidades utilizadas para obtener la producción industrial - subcategoría de tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	153
Tabla 113. Datos sobre aguas residuales industriales	154