

RAGEI 2019

REPORTE ANUAL DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO DEL SECTOR
AGRICULTURA 2019



CATEGORÍAS:

**GANADO Y FUENTES AGREGADAS
Y FUENTES DE EMISIÓN NO-CO₂
EN LA TIERRA**

Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura del año 2019.
Categorías: Ganado y
Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ en la tierra

Preparado por:
Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios

Lima, 2023

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. SITUACIÓN DEL SECTOR	13
3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI.....	15
3.1. Organización para la elaboración del RAGEI.....	15
3.2. Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI.....	16
3.3. Control de la calidad y garantía de la calidad del RAGEI.....	17
3.3.1. Control de la calidad.....	17
3.3.2. Garantía de la calidad.....	17
4. METODOLOGÍA APLICADA	18
4.1. Metodología para el cálculo de emisiones GEI	18
4.2. Metodología para el análisis de Incertidumbre	19
4.2.1. Incertidumbre de los niveles de actividad	19
4.2.2. Incertidumbre de los factores de emisión	20
4.3. Metodología para garantizar la coherencia de la serie temporal.....	21
5. RESULTADO SECTORIAL.....	22
5.1. Análisis de los resultados	22
5.2. Resultados de la serie temporal.....	24
5.2.1. Serie temporal de emisiones.....	24
5.2.2. Actualización de las emisiones de la serie temporal.....	28
5.3. Resultados de incertidumbre	31
6. RESULTADOS POR SUBCATEGORÍA	33
6.1. Fermentación Entérica (3A1)	33
6.1.1. Método de cálculo.....	33
6.1.2. Datos de actividad	35
6.1.3. Factores de emisión y conversión	41
6.1.4. Análisis de Incertidumbre	47
6.1.5. Análisis de resultados.....	48
6.1.6. Actualización de la serie temporal	48
6.2. Manejo del estiércol (3A2)	49
6.2.1. Método de cálculo.....	49
6.2.2. Datos de actividad	53
6.2.3. Factores de emisión y conversión	57

6.2.4.	Análisis de Incertidumbre	61
6.2.5.	Análisis de resultados.....	62
6.2.6.	Actualización de la serie temporal	62
6.3.	Emisiones por quemado de biomasa (3C1b y 3C1c)	63
6.3.1.	Método de cálculo.....	63
6.3.2.	Datos de actividad	65
6.3.3.	Factores de emisión y conversión	69
6.3.4.	Análisis de Incertidumbre	69
6.3.5.	Análisis de resultados.....	70
6.3.6.	Actualización de la serie temporal	71
6.4.	Aplicación de urea (3C3)	72
6.4.1.	Método de cálculo.....	72
6.4.2.	Datos de actividad	74
6.4.3.	Factores de emisión y conversión	75
6.4.4.	Análisis de Incertidumbre	75
6.4.5.	Análisis de resultados.....	75
6.4.6.	Actualización de la serie temporal	76
6.5.	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados (3C4)	77
6.5.1.	Método de cálculo.....	77
6.5.2.	Datos de actividad	80
6.5.3.	Factores de emisión y conversión	96
6.5.4.	Análisis de incertidumbre.....	99
6.5.5.	Análisis de resultados.....	99
6.5.6.	Actualización de la serie temporal	100
6.6.	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados (3C5)	101
6.6.1.	Método de cálculo.....	101
6.6.2.	Datos de actividad	103
6.6.3.	Factores de emisión y conversión	106
6.6.4.	Análisis de Incertidumbre	107
6.6.5.	Análisis de resultados.....	108
6.6.6.	Actualización de la serie temporal	108
6.7.	Emisiones indirectas de N ₂ O por manejo de estiércol (3C6)	109
6.7.1.	Método de cálculo.....	109
6.7.2.	Datos de actividad	111
6.7.3.	Factores de emisión y conversión	114
6.7.4.	Análisis de Incertidumbre	115

6.7.5.	Análisis de resultados.....	115
6.7.6.	Actualización de la serie temporal.....	116
6.8.	Cultivos de arroz (3C7).....	117
6.8.1.	Método de cálculo.....	117
6.8.2.	Datos de actividad.....	119
6.8.3.	Factores de emisión y conversión.....	122
6.8.4.	Análisis de Incertidumbre.....	123
6.8.5.	Análisis de resultados.....	124
6.8.6.	Actualización de la serie temporal.....	124
7.	CONTROL DE LA CALIDAD Y GARANTÍA DE LA CALIDAD.....	125
7.1.	Control de la calidad.....	125
7.2.	Garantía de la calidad.....	125
8.	PLAN DE MEJORA.....	127
9.	BIBLIOGRAFIA.....	130
10.	ANEXOS.....	132
	Anexo A: Datos del responsable del RAGEI.....	132
	Anexo B: Procedimiento de control de la calidad.....	133
	Anexo C: Resultados de la garantía de la calidad.....	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie y porcentaje de los principales cultivos del país en el año 2019	14
Tabla 2. Rol de las entidades involucradas en la elaboración del RAGEI.....	16
Tabla 3. Nivel metodológico aplicado a categorías del sector Agricultura.....	18
Tabla 4. Gases estimados en el RAGEI 2019.....	18
Tabla 5. Valores de Incertidumbre de los datos de actividad	19
Tabla 6. Valores de incertidumbre para los factores de emisión	20
Tabla 7. Emisiones de GEI del año 2019	22
Tabla 8. Gases precursores reportados en el sector agricultura (Gg)	23
Tabla 9. Evolución de las emisiones de GEI del sector agricultura (GgCO ₂ eq)	26
Tabla 10. Serie temporal de emisiones (GgCO ₂ eq) originales y actualizadas.....	29
Tabla 11. Valores de incertidumbre del sector Agricultura	31
Tabla 12. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones de metano (CH ₄) provenientes de la fermentación entérica	36
Tabla 13. Población anual de animales vivos por departamento, 2019.....	37
Tabla 14. Población anual de animales vivos por departamento, 2019.....	38
Tabla 15. Población media anual de animales vivos por departamento, 2019.....	39
Tabla 16. Población media anual de ganado vacuno lechero y otro ganado vacuno por departamento(cabezas/año), 2019.....	40
Tabla 17. Existencias de ganado vacuno por subcategoría de ganado, 2019.....	41
Tabla 18. Factores de emisión de la fermentación entérica	41
Tabla 19. Parámetros determinados por dictamen de expertos para determinar los factores de emisión para fermentación entérica del ganado vacuno	42
Tabla 20. Energía bruta convertida en metano por sector (Y _m)	42
Tabla 21. Coeficientes para calcular la energía neta para mantenimiento (NEm)	43
Tabla 22. Coeficientes de actividad correspondientes a la situación alimentaria de los vacunos	43
Tabla 23. Coeficientes a utilizar en el cálculo de energía neta para crecimiento	43
Tabla 24. Coeficientes para utilizar en el cálculo de energía neta para preñez	43
Tabla 25. Factores de Emisión de metano de la fermentación entérica de ganado vacuno.....	45
Tabla 26. Factores de Emisión de metano de la fermentación entérica especies de ganado diferente al vacuno	46
Tabla 27. GWP utilizado para el metano	47
Tabla 28. Incertidumbre de las emisiones de metano para la categoría fermentación entérica.....	47
Tabla 29. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones de metano (CH ₄) y óxido nitroso (N ₂ O) provenientes del manejo de estiércol.....	54
Tabla 30. Temperatura promedio anual, 2019.....	55
Tabla 31. Población animal media anual según especie y por región climática, 2019.....	56
Tabla 32. Sistemas de manejo de estiércol	57
Tabla 33. Factores de emisión de las emisiones de metano y óxido nitroso provenientes del manejo del estiércol.....	57
Tabla 34. Participación de la población del ganado por tipo según región climática	58
Tabla 35. Factores de emisión ponderados para emisiones de metano provenientes del manejo del estiércol.....	58
Tabla 36. Masa animal típica (kg/animal) o peso vivo	59
Tabla 37. Tasas de excreción anual de nitrógeno por defecto [(1000 kg animal) ⁻¹ día ⁻¹].....	60
Tabla 38. Factores de Emisión de las emisiones directas de óxido nitroso del manejo del estiércol	60
Tabla 39. GWP utilizado para el metano y óxido nitroso	61
Tabla 40. Incertidumbre de las emisiones de metano y óxido nitroso para la categoría manejo de estiércol	61

Tabla 41. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones de metano (CH ₄) y óxido nitroso (N ₂ O) provenientes de la quema de tierras de cultivo y pastizales	66
Tabla 42. Superficie quemada de cultivos, 2019	67
Tabla 43. Proporción del área de cultivos donde se quema biomasa	67
Tabla 44. Área quemada de pastizales, 2019	68
Tabla 45. Masa de combustible disponible para combustión (t/ha)	68
Tabla 46. Factores de Emisión para la categoría quemado de biomasa	69
Tabla 47. GWP utilizado para el metano y óxido nitroso	69
Tabla 48. Incertidumbre de las emisiones de metano y óxido nitroso para la categoría emisiones por quema de biomasa	70
Tabla 49. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO ₂) provenientes de la aplicación de urea	74
Tabla 50. Cantidad anual de importaciones de urea 2019	74
Tabla 51. Factores de emisión de metano procedentes de la aplicación de urea.....	75
Tabla 52. Incertidumbre de las emisiones de óxido nitroso provenientes de la aplicación de urea.....	75
Tabla 53. Descripción de las fuentes de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones directas de N ₂ O provenientes de suelos gestionados.....	81
Tabla 54. Cantidad anual de importaciones de principales fertilizantes nitrogenados, 2019.....	83
Tabla 55. Contenido de N en kg en los fertilizantes sintéticos	83
Tabla 56. Fertilización del cultivo de arroz por departamento	83
Tabla 57. Población media anual de animales vivos	85
Tabla 58. Sistemas de manejo de estiércol, 2019	86
Tabla 59. Superficie Anual de principales cultivos por departamento (hectáreas), 2019.....	88
Tabla 60. Producción anual de principales cultivos por departamento (toneladas) 2019	91
Tabla 61. Pérdida promedio anual de carbono del suelo para cada tipo de uso de la tierra (LU), 2019 ...	94
Tabla 62. Población media anual de animales vivos	95
Tabla 63. Sistemas de manejo de estiércol, 2019	95
Tabla 64. Factores de Emisión de las emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	96
Tabla 65. Concentración de nitrógeno por tipo de fertilizante	96
Tabla 66. Factores por defecto para la estimación del N agregado a los suelos a partir de residuos agrícolas	97
Tabla 67. Periodos vegetativos (años).....	97
Tabla 68. Masa animal típica (kg/animal) o peso vivo	98
Tabla 69. Tasas de excreción anual de nitrógeno por defecto [(1000 kg animal) ⁻¹ día ⁻¹].....	98
Tabla 70. GWP utilizado para el óxido nitroso	99
Tabla 71. Incertidumbre de las emisiones de óxido nitroso provenientes de las emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	99
Tabla 72. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones indirectas de óxido nitroso (N ₂ O) provenientes de suelos gestionados	104
Tabla 73. Factores de emisión de las emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	106
Tabla 74. GWP utilizado para el óxido nitroso	107
Tabla 75. Incertidumbre de las emisiones de óxido nitroso provenientes de las emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados.....	107
Tabla 76. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones indirectas de óxido nitroso (N ₂ O) provenientes del manejo de estiércol	112
Tabla 77. Población media anual según tipo de ganado	113
Tabla 78. Sistemas de Manejo de Estiércol, 2019	113
Tabla 79. Factores de Emisión de las emisiones indirectas de óxido nitroso del manejo de estiércol	114
Tabla 80. Valores por defecto para la pérdida de nitrógeno debido a volatilización de NH ₃ y NO _x de la gestión del estiércol	114

Tabla 81. Valores por defecto del total de pérdida de nitrógeno producida por la gestión del estiércol	114
Tabla 82. GWP utilizado para el óxido nitroso	115
Tabla 83. Incertidumbre de las emisiones de óxido nitroso provenientes de las emisiones indirectas de N ₂ O por manejo de estiércol	115
Tabla 84. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones de metano (CH ₄) provenientes de cultivos de arroz.	119
Tabla 85. Superficie Anual de cultivo de arroz por departamento en hectáreas, 2019	120
Tabla 86. Superficie Anual de cultivo de arroz por zona de producción (hectáreas), 2019	120
Tabla 87. Periodo de cultivo de arroz por defecto	121
Tabla 88. Tipos de sistemas de riego para el cultivo de arroz	121
Tabla 89. Factor de emisión por defecto para campos continuamente inundados sin enmiendas orgánicas	122
Tabla 90. Factor de escala para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo de arroz	122
Tabla 91. Factor de escala para contar diferencias en el régimen hídrico en la pretemporada antes del período de cultivo de arroz	123
Tabla 92. GWP utilizado para el metano	123
Tabla 93. Incertidumbre de las emisiones de metano provenientes de las emisiones del cultivo de arroz	123
Tabla 94. Hallazgos producto del proceso de control de la calidad	125
Tabla 95. Hallazgos urgentes resultantes de la Garantía de la Calidad y acciones realizadas	125
Tabla 96. Acciones de mejora planificadas para futuros RAGEI	127
Tabla 97. Procedimientos generales de control de calidad	133
Tabla 98. Procedimientos de específicos de control de calidad para la subcategoría 3A1	135
Tabla 99. Procedimientos de específicos de control de calidad para la subcategoría 3A2	135
Tabla 100. Procedimientos de específicos de control de calidad para la subcategoría 3C1	136
Tabla 101. Procedimientos de específicos de control de calidad para la subcategoría 3C3	136
Tabla 102. Procedimientos de específicos de control de calidad para las subcategorías 3C4 y 3C5	137
Tabla 103. Procedimientos de específicos de control de calidad para la subcategoría 3C7	138
Tabla 104. Conclusiones de la subcategoría 3A1.....	139
Tabla 105. Conclusiones de la subcategoría 3A2.....	140
Tabla 106. Conclusiones de la subcategoría 3C2.....	140
Tabla 107. Conclusiones de la subcategoría 3C3.....	141
Tabla 108. Conclusiones de la subcategoría 3C4.....	141
Tabla 109. Conclusiones de la subcategoría 3C5.....	142
Tabla 110. Conclusiones de la subcategoría 3C7.....	142

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del PBI del Sector Agricultura	13
Figura 2. Organización para la elaboración del RAGEI 2019.....	15
Figura 3. Emisiones por subcategorías de GEI del sector agricultura para el año 2019	24
Figura 4. Evolución de las emisiones de GEI del sector agricultura (GgCO ₂ eq)	25
Figura 5. Serie de emisiones de GEI (GgCO ₂ eq) originales y actualizadas	28
Figura 6. Árbol de decisiones para las emisiones de metano (CH ₄) resultantes de la fermentación entérica	34
Figura 7. Emisiones de metano generados por la fermentación entérica, 2019.....	48
Figura 8. Evolución de las emisiones de GEI de la subcategoría fermentación entérica.....	49
Figura 9. Árbol de decisión para emisiones de metano (CH ₄) por manejo del estiércol	50
Figura 10. Árbol de decisión de emisiones de óxido nitroso (N ₂ O) por manejo de estiércol	52
Figura 11. Emisiones de metano y óxido nitroso generados por el manejo de estiércol, 2019	62
Figura 12. Evolución de las emisiones de GEI de la subcategoría manejo de estiércol.....	63
Figura 13. Árbol de decisión para estimar las emisiones de GEI provocadas por incendios en una categoría de uso de la tierra.....	64
Figura 14. Emisiones de metano y óxido nitroso generados por quema de biomasa en tierras de cultivo, 2019.....	70
Figura 15. Emisiones de metano y óxido nitroso generados por quema de biomasa en pastizales, 2019	71
Figura 16. Evolución de las emisiones de GEI de la categoría quema de biomasa.....	71
Figura 17. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO ₂ provenientes aplicación de urea	73
Figura 18. Emisiones de dióxido de carbono generados por la aplicación de urea, 2019	76
Figura 19. Evolución de las emisiones de GEI de la categoría aplicación de urea	76
Figura 20. Árbol de decisión de emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados.....	78
Figura 21. Emisiones directas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados, 2019.....	100
Figura 22. Evolución de las emisiones de GEI de la categoría emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	100
Figura 23. Árbol de decisión de emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados.....	102
Figura 24. Emisiones indirectas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados, 2019.....	108
Figura 25. Evolución de las emisiones de GEI de la categoría emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	108
Figura 26. Árbol de decisión de emisiones indirectas de N ₂ O por manejo de estiércol.....	110
Figura 27. Emisiones indirectas de óxido nitroso generadas por el manejo de estiércol, 2019	116
Figura 28. Evolución de las emisiones de GEI de la categoría emisiones indirectas de N ₂ O generadas por el manejo de estiércol	116
Figura 29. Árbol de decisión para las emisiones de CH ₄ de la producción de arroz.....	118
Figura 30. Emisiones de metano generados por cultivos de arroz, 2019.....	124
Figura 31. Evolución de las emisiones de GEI de la categoría cultivos de arroz.....	124

SIGLAS Y ACRONIMOS

AGRORURAL	Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural
ASOUT	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo (equivalente a AFOLU por sus siglas en inglés: <i>Agriculture, Forestry and Other Land Uses</i>)
BCR	Banco Central de Reserva
C	Carbono
CC	Control de Calidad
CENAGRO	Censo Nacional Agropecuario
CH ₄	Metano
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO ₂	Dióxido de carbono
CO ₂ eq	Dióxido de carbono equivalente
DEIA	Dirección de Estadística e Información Agraria
DERNCC	Dirección de Evaluación de los Recursos Naturales y Cambio Climático
DGDAA	Dirección General de Desarrollo Agrícola y Agroecología
DGAAA	Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios
DGESEP	Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas
DGDG	Dirección General de Desarrollo Ganadero
DGIAR	Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego
DS	Decreto Supremo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (del inglés <i>Food and Agriculture Organization</i>)
FAOSTAT	Base de datos estadísticos corporativos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (<i>del inglés The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database</i>)
FE	Factor de Emisión
GC	Garantía de la Calidad
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
GTTSACC	Grupo de Trabajo Técnico de Seguridad Alimentaria y Cambio Climático
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INFOCARBONO	Disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IP	Información procesada
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
INIA	Instituto Nacional de Innovación Agraria
IPCC	Panel intergubernamental de expertos sobre cambio climático (del inglés <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
MINAM	Ministerio del Ambiente
N	Nitrógeno
n. d	No disponible
N ₂ O	Óxido Nitroso
NA	No aplica
NE	No Estimado
NO	No Ocurre
OBP2000	Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero
OBP2003	Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura
GWP	Potencial de Calentamiento Atmosférico (GWP en inglés, <i>Global Warming Potential</i>)

PNCBMCC	Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático
RAGEI	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
RedINGEI	Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero
s/f	Sin fecha
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad Agraria
SERFOR	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
SF _p	Factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante la temporada previa al cultivo
SF _w	Factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo
SIEA	Sistema Integrado de Estadística Agraria
SME	Sistema de Manejo de Estiércol
TACCC	Transparencia, precisión, exhaustividad, consistencia, comparabilidad (del inglés <i>Transparency, Accuracy, Completeness, Consistency, Comparability</i>)
TAM	Masa Típica Animal (del inglés <i>Typical Animal Mass</i>)
t	Toneladas
US EPA	Protección Ambiental de los Estados Unidos (del inglés <i>United States Environmental Protection Agency</i>)
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura

RESUMEN EJECUTIVO

El Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del Sector Agricultura del año 2019 (RAGEI 2019), describe el proceso de estimación de emisiones de GEI del año 2019 y de la actualización de las estimaciones de los años 2018, 2016, 2014, 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994.

El Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del Sector Agricultura del año 2019 (RAGEI 2019), describe el proceso de estimación de emisiones de GEI del año 2019 y la actualización de las estimaciones de los años 2018, 2016, 2014, 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994.

El RAGEI 2019 presenta los resultados de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) asociados a al sector Agricultura, calculados aplicando la metodología de las Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Directrices del IPCC de 2006).

Los valores de GEI se reportan en forma agregada, expresados en dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), utilizando el Potencial de Calentamiento Atmosférico (GWP, por sus siglas en inglés) proporcionados por el IPCC en su Quinto Informe de Evaluación¹ (AR5).

Las emisiones del año 2019 se han estimado en 292.60 Gg de CO₂; 643.38 Gg de CH₄ y 38.38 Gg de N₂O, que equivalen respectivamente a 292.60 Gg CO₂eq; 18,014.65 Gg CO₂eq y 10,171.09 Gg CO₂eq. El resultado agregado de la estimación de las emisiones del sector agricultura equivale a 28,478.34 GgCO₂eq.

La principal fuente de emisión es la fermentación entérica con 15,432.44 GgCO₂eq que representa el 54.19% de las emisiones del sector, seguida por las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados con 6,863.68 GgCO₂eq, equivalente al 24.07%. Las demás categorías como: emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados (8.62%), emisiones por cultivos de arroz (6.29%), emisiones por quema de biomasa (2.86%), manejo de estiércol (2.30%), aplicación de urea (1.03%) y emisiones indirectas de N₂O por manejo de estiércol (0.65%) representaron un total de 21.74% de las emisiones de GEI en el sector.

Respecto a la evolución de emisiones de GEI, se tiene que las emisiones del año 2019 se incrementaron en 29.10% respecto al año 1994 y en 2.36% respecto al año 2018 y.

¹ Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

1. INTRODUCCIÓN

El Ministerio del Ambiente (MINAM), mediante el Decreto Supremo N°013-2014-MINAM aprobó las disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INFOCARBONO), cuya finalidad es establecer un conjunto de acciones orientadas a la recopilación, evaluación y sistematización de información referida a la emisión y remoción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que contribuirá a la formulación de políticas, estrategias y planes de desarrollo que reduzcan las emisiones de GEI y al cumplimiento de los compromisos asumidos por el país con la suscripción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

De acuerdo con la Resolución Ministerial N° 168-2019-MINAM, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) es la entidad competente encargada de la elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI) del Sector Agricultura. Dentro del MIDAGRI, la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) es la responsable de elaborar y presentar el RAGEI. Es así como, el MIDAGRI ha conformado el Grupo del INFOCARBONO para la recopilación, procesamiento y elaboración del RAGEI. Este grupo está integrado por representantes de las diferentes direcciones de línea y órganos adscritos de MIDAGRI y la DGAAA, como Secretaría Técnica del grupo, se encarga de convocar, centralizar y dirigir las reuniones de trabajo.

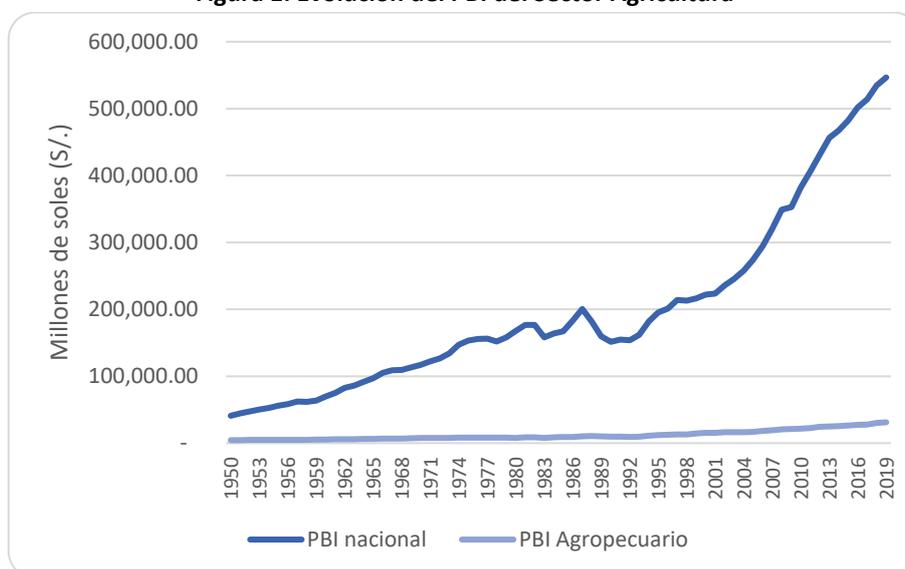
La DGAAA del MIDAGRI, presenta el RAGEI 2019 de sector Agricultura, el cual ha sido elaborado con la asistencia técnica de la Dirección General de Cambio Climático y Desertificación (DGCCD) del MINAM.

2. SITUACIÓN DEL SECTOR

El Perú es un país con grandes extensiones de tierras dedicadas a la actividad agropecuaria. Según el último Censo Nacional Agropecuario del 2012 (CENAGRO 2012), se cuentan con 38,742,465.00 hectáreas dedicadas a esta actividad, es decir, ocupa aproximadamente el 30% del territorio nacional. Los datos del censo agropecuario del año 1994 reportaron un total de 35,381,800.00 hectáreas de tierras agropecuarias, lo que demuestra que estas tierras se han incrementado en un 9.5% para el periodo intercensal (CENAGRO 2012).

Por otro lado, la participación económica de la agricultura en el PBI nacional fue disminuyendo a través de las décadas, así en el año 1950 representaba el 11%, luego en el 2010 esta participación se redujo a 5.58% (Figura 1). Para el año 2019, el peso de la agricultura en el PBI fue solo del 5.30% (BCR, 2020)².

Figura 1. Evolución del PBI del Sector Agricultura



Fuente: BCR 2020.

La ganadería en el Perú tiene singular importancia para la seguridad alimentaria del país, así como en la generación de ingresos para pobladores rurales de subsistencia. De acuerdo, al diagnóstico del Plan Ganadero 2017 - 2027, la ganadería representa cerca del 40% del valor bruto de la producción agropecuaria y es el medio de vida de 1.8 millones de familias que integran a aproximadamente 7.6 millones de personas, es decir, cerca del 25% de la población peruana (MIDAGRI 2017). +

Por otro lado, una parte importante de la agricultura peruana ha respondido a la demanda de los mercados mundiales. Esto se ha expresado en el crecimiento de las exportaciones de café, cacao, espárragos, uvas, mangos y paltas durante la última década, lo que se relaciona con un aumento en la importación de fertilizantes nitrogenados.

² Disponible en el siguiente enlace (PBI y PBI agropecuario), obtenido el día 27/03/2022: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anauales/resultados/PM04986AA/html>

En relación con los cultivos agrícolas más significativos en el Perú en términos de extensión, durante el año 2019, destacaron el café pergamino, el arroz, la papa, el maíz amarillo duro, el maíz amiláceo y la alfalfa (Tabla 1).

Tabla 1. Superficie y porcentaje de los principales cultivos del país en el año 2019

N	Cultivos	Área (ha)	%
1	Café pergamino	438,177.10	13.89
2	Arroz cáscara	414,401.30	13.14
3	Papa	331,176.85	10.50
4	Maíz amarillo duro	254,544.84	8.07
5	Maíz amiláceo	197,745.75	6.27
6	Alfalfa	180,841.51	5.73
7	Banana / plátano	175,407.41	5.56
8	Cacao	170,017.20	5.39
9	Cebada grano	132,563.75	4.20
10	Trigo	120,634.30	3.83
11	Otros	738,201.73	23.41
Total		3,153,711.74	100.00

Fuente: MIDAGRI 2020

En el año 2019, el cultivo de café ocupó una superficie de 438,177.10 ha, siendo los departamentos de Junín, San Martín, Cajamarca, Amazonas y Cusco los que concentraron las mayores extensiones. Por otro lado, el cultivo de arroz ocupó una superficie de 414,401.30 ha, donde las mayores extensiones se distribuyeron en los departamentos de San Martín, Amazonas, Piura, Lambayeque y Loreto (MIDAGRI 2020).

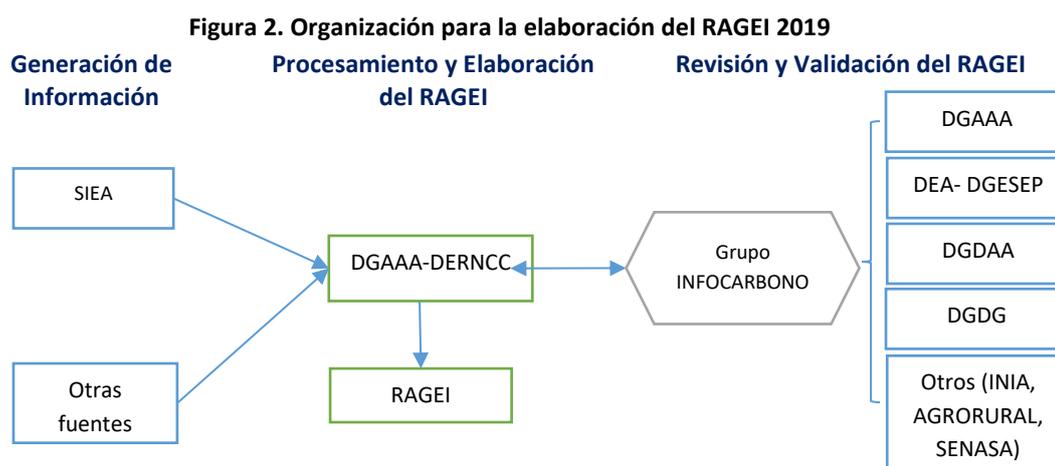
3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL RAGEI

3.1. Organización para la elaboración del RAGEI

De acuerdo con la Resolución Ministerial N.º 168-2016-MINAM, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) es la entidad competente encargada de la elaboración del RAGEI del Sector Agricultura. Dentro del MIDAGRI, la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) es la responsable de la elaborar y presentar al MINAM el RAGEI en mención.

Asimismo, es preciso indicar que mediante Resolución Ministerial N° 0647-2008-AG, el MIDAGRI constituyó el Grupo de Trabajo Técnico de Seguridad Alimentaria y Cambio Climático (GTTSACC), encargado de proponer la visión sectorial del cambio climático en los sistemas productivos agrarios del país, así como recomendar medidas que orienten procesos, acciones institucionales y la articulación intersectorial para la adaptación al cambio climático. Es así que, con el fin de optimizar el proceso de recopilación, procesamiento y elaboración del RAGEI, el GTTSACC creó el subgrupo permanente de trabajo, denominado Grupo INFOCARBONO - MIDAGRI, el cual es liderado por la DGAAA y conformado por la Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas (DGESEP), a través de la Dirección de Estadística e Información Agraria (DEIA); la Dirección General de Desarrollo Ganadero (DGDG); la Dirección General de Desarrollo Agrícola y Agroecología (DGDAA), el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), el Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AGRORURAL), y el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA).

En la Figura 2, se resume la organización interna de MIDAGRI para la elaboración del RAGEI, donde la DGAAA, a través de la Dirección de Evaluación de los Recursos Naturales y Cambio Climático (DERNCC), realiza la solicitud de la información al Grupo INFOCARBONO, es decir, a la DEIA - DGESEP (responsable de recopilar los datos de actividad del sector de las Agencias Agrarias Regionales). Posteriormente, la DERNCC procesa la información para realizar las estimaciones de GEI del sector.



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2, se resume el rol de las direcciones de línea y órganos adscritos del MIDAGRI que están involucrados con la elaboración del RAGEI.

Tabla 2. Rol de las entidades involucradas en la elaboración del RAGEI

Entidad	Rol en la elaboración de RAGEI
DGAAA	<ul style="list-style-type: none"> • Recopila y procesa la información para elaborar la planilla de cálculo y el documento de reporte del RAGEI. • Remite formalmente el RAGEI al MINAM.
DGESEP	<ul style="list-style-type: none"> • Provee información de las Estadísticas Agrarias.
DGDG / DGESEP	<ul style="list-style-type: none"> • Provee información para la estimación del peso promedio del ganado.
AGRORURAL/ SERFOR/ INIA/ DGDA	<ul style="list-style-type: none"> • Provee información de expertos para: Fracción quemada de pastos.
DGDG	<ul style="list-style-type: none"> • Provee información para: Fermentación entérica y Manejo de estiércol.
DGDA	<ul style="list-style-type: none"> • Provee información para determinar la lista de cultivos de los cuales se queman sus residuos como práctica habitual.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI

La principal fuente de información del RAGEI del sector Agricultura proviene del Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA) el cual fue creado mediante Decreto Legislativo N°1082 el año 2008. El SIEA se encuentra conformado por los órganos del MIDAGRI, los organismos adscritos al sector agrario, los gobiernos regionales, los gobiernos locales y sus diferentes dependencias, en la materia que por la naturaleza de sus funciones produzcan información estadística agraria.

Dentro de MIDAGRI, la DEIA es la responsable de la conducción del SIEA y, por ende, define y perfecciona los procedimientos de recopilación de información estadística continua, con fines de mejorar la calidad y oportunidad de las estadísticas, encargándose de su resguardo. La estadística agropecuaria es una actividad netamente técnica de carácter autónomo, que se sustenta en la toma de información de campo. La estadística agrícola registra la dinámica de la producción en el país, mediante el seguimiento e investigación de los principales cultivos transitorios y permanentes.

La DGAAA, como secretaría técnica del grupo, se encarga de convocar, centralizar y dirigir las reuniones de trabajo. Todas las decisiones se consultan y aprueban en el grupo, las mismas que se refrendan con la firma de un acta. Asimismo, es la encargada de recopilar, sistematizar y archivar la información utilizada para la elaboración del RAGEI.

La DGAAA descarga la información estadística agropecuaria disponible del SIEA y del INEI. También recoge información de dictamen de expertos a través de encuestas y trabajos grupales con actores identificados, en el marco del Grupo INFOCARBONO. Una vez recopilada y procesada, la información se almacena en archivos digitales bajo la siguiente estructura: i) Informe, ii) Planilla de cálculo, y iii) Documentos de soporte, a fin de facilitar la carga de la información disponible en la página web del INFOCARBONO.

3.3. Control de la calidad y garantía de la calidad del RAGEI

3.3.1. Control de la calidad

El país posee un procedimiento de control de la calidad (CC) el cual es un sistema de actividades técnicas rutinarias destinado a evaluar y mantener la calidad del inventario a medida que se compila y lo realiza el personal encargado de compilar el inventario.

El procedimiento de control de la calidad está diseñado para lo siguiente:

- Hacer controles rutinarios y coherentes que garanticen la integridad de los datos, su corrección y su exhaustividad;
- Detectar y subsanar errores y omisiones;
- Documentar y archivar el material de los inventarios y registrar todas las actividades de control de la calidad.

Las actividades de control de la calidad comprenden métodos generales como los controles de exactitud aplicados a la adquisición de los datos y a los cálculos, y la utilización de procedimientos normalizados aprobados para los cálculos de las emisiones y remociones, las mediciones, la estimación de las incertidumbres, el archivo de la información y su reporte. Las actividades de control de la calidad comprenden también las revisiones técnicas de las categorías, los datos de la actividad, los factores de emisión, otros parámetros y métodos de estimación.

Así, se pueden diferenciar dos grandes grupos de procedimientos de control de calidad:

- Procedimientos Generales de control de la calidad, que son actividades genéricas aplicables a todas las categorías y enfoques metodológicos.
- Procedimientos de Categoría Específica, que son actividades de control de calidad más específicas a las categorías analizadas.

El RAGEI 2019 ha sido elaborado bajo un permanente proceso de control de la calidad con la finalidad de evitar posibles errores, los mismos que se puedan suscitar por una mala transcripción de los datos, errores en la conversión de unidades, la ejecución de las estimaciones a través de fórmulas automatizadas, entre otros; todo ello con el fin de mejorar la transparencia, coherencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud del reporte.

3.3.2. Garantía de la calidad

El RAGEI del sector Agricultura pasa por un proceso de garantía de la calidad, con revisores expertos internacionales que cuentan con amplia experiencia en estos procesos. Es así como el RAGEI 2019 ha sido revisado por la firma consultora *Gauss International Consulting* (en adelante, Gauss). El objetivo final del aseguramiento de la calidad es el de mejorar la transparencia, exactitud, coherencia, comparabilidad y exhaustividad del reporte, así como determinar la conformidad de los procedimientos adoptados con los compromisos internacionales e identificar las áreas en que pueden obtenerse mejoras para aumentar la calidad de las estimaciones y reducir las incertidumbres.

4. METODOLOGÍA APLICADA

4.1. Metodología para el cálculo de emisiones GEI

El RAGEI del sector agricultura ha sido elaborado aplicando íntegramente la metodología que establece las Directrices del IPCC de 2006. Específicamente se utilizó el volumen 4 referido a Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés).

El sector agricultura incluye las emisiones generadas por las categorías (3A) ganado y (3C) fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ en la tierra. Los niveles metodológicos aplicados fueron Nivel 2 para la subcategoría fermentación entérica del ganado vacuno y el Nivel 1 para las demás subcategorías. En la Tabla 3 se describe el nivel metodológico aplicado en cada una de las subcategorías que compone el sector agricultura.

Tabla 3. Nivel metodológico aplicado a categorías del sector Agricultura

Código	Subcategorías	Nivel metodológico
3A1	Fermentación entérica	Nivel 2 para vacunos Nivel 1 para otras especies de ganado
3A2	Manejo de estiércol	Nivel 1
3C1	Emisiones por quema de biomasa	Nivel 1
3C3	Aplicación de urea	Nivel 1
3C4	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	Nivel 1
3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	Nivel 1
3C6	Emisiones indirectas de N ₂ O por manejo del estiércol	Nivel 1
3C7	Cultivo de arroz	Nivel 1

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, la Tabla 4 presenta las categorías y subcategorías del sector agricultura consideradas en el RAGEI 2019 y el tipo de GEI y precursores estimados.

Tabla 4. Gases estimados en el RAGEI 2019

Código	Descripción	Categorías IPCC	GEI y precursores estimados en el RAGEI 2019
3	Sector	Agricultura	
3.A	Categoría	Ganado	
3.A.1	Subcategoría	Fermentación entérica	CH ₄
3.A.2	Subcategoría	Manejo del estiércol	CH ₄ , N ₂ O
3.C	Categoría	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra	
3.C.1	Subcategoría	Emisiones por quema de biomasa	CH ₄ , N ₂ O, CO y NO _x
3.C.3	Subcategoría	Aplicación de urea	CO ₂
3.C.4	Subcategoría	Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados	N ₂ O
3.C.5	Subcategoría	Emisiones indirectas de N ₂ O de los suelos gestionados	N ₂ O
3.C.6	Subcategoría	Emisiones indirectas de N ₂ O por manejo del estiércol	N ₂ O
3.C.7	Subcategoría	Cultivo de arroz	CH ₄

Fuente: Elaboración propia

4.2. Metodología para el análisis de Incertidumbre

El análisis de incertidumbre se ha realizado aplicando el método 1 descrito en las Directrices del IPCC de 2006. Este método consiste en la estimación de las incertidumbres usando la ecuación de propagación de errores mediante reglas de combinación. Se obtiene una estimación del nivel de incertidumbre combinada (factores de emisión y datos de actividad) para la subcategoría y la incertidumbre de la tendencia entre el año de análisis y el año base, que en el presente caso son el 2019 y el 2000, respectivamente.

Para determinar la incertidumbre de los factores de emisión y de los datos de actividad se utilizaron los valores por defecto recomendados por las Directrices del IPCC de 2006. Además, fueron utilizados valores estimados por dictámenes de expertos, ante la ausencia de datos de incertidumbre nacionales oficiales y/o falta de estudios e investigaciones que faciliten la información pertinente para su estimación.

4.2.1. Incertidumbre de los niveles de actividad

Para estimar la incertidumbre de los niveles de actividad, se recurrió a valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, y a información generada por dictamen de expertos, tal como es presentado en la Tabla 5.

Tabla 5. Valores de Incertidumbre de los datos de actividad

Parámetro	Límite inferior (%)	Límite Superior (%)	Valor (%)	Fuente de información
Población anual de ganado vacuno por departamento	-10.00	10.00	10.00	Opinión de expertos: Juan Santamaria Aranda / César León Hinostroza (22 de noviembre del 2016).
Población anual de ganado ovino por departamento	-10.00	10.00	10.00	
Población anual de ganado caprino por departamento	-10.00	10.00	10.00	
Población anual de camélidos por departamento	-10.00	10.00	10.00	
Población anual de equinos por departamento	ND	ND	ND	
Población anual de porcinos por departamento	-10.00	10.00	10.00	
Superficie anual de cultivos por departamento	-10.00	10.00	10.00	Opinión de expertos: Juan Santamaria Aranda / César León Hinostroza (22 de noviembre del 2016).
Cantidad anual de fertilización de urea	0.00			Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 11, página 11.34
Superficie anual de principales cultivos por departamento	-10.00	10.00	10.00	Opinión de expertos: Juan Santamaria Aranda / César León Hinostroza (22 de noviembre del 2016).

Parámetro	Límite inferior (%)	Límite Superior (%)	Valor (%)	Fuente de información
Superficie Anual de cultivo de arroz por departamento	-10.00	10.00	10.00	Opinión de expertos: Juan Santamaria Aranda / César León Hinostriza (22 de noviembre del 2016).

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Incertidumbre de los factores de emisión

La incertidumbre de los factores de emisión, en la mayoría de los casos corresponde al promedio de los valores por defecto de cada fuente. Los valores de incertidumbre para la subcategoría fermentación entérica han sido determinados por dictamen de experto (Tabla 6).

Tabla 6. Valores de incertidumbre para los factores de emisión

Parámetro	Límite Inferior (%)	Límite Superior (%)	Valor (%)	Fuente de información
Emisiones de metano (CH ₄) de otro ganado (otras especies de animal)	-50	50	50.00	Directrices del IPCC de 2006 Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.10
Emisiones de metano (CH ₄)	-30	30	30	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Página.10.51
Emisiones directas de óxido nitroso (N ₂ O)	-50	100	75.00	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo .10. Página.10.71
Superficie anual de pastizales por departamento	-12,50	12,50	12.50	OBP2003. Página 3.33
Factor de emisión de CH ₄ para residuos agrícolas	±20		20.00	OBP 2000. Página 4.98
Factor de emisión N ₂ O para pastizales	-48%	48%	47.62	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 2, página 2.53
Aplicación de Urea	±50		50.00	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, Capítulo 11, Página 11.34
EF1 [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	-70%	200%	135.00	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 11, cuadro. 11.1
EF1FR para arrozales inundado	-100%	100%	100.00	
EF3PRP, [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	-65%	200%	132.50	
EF3PRP, [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	-70%	200%	135.00	
"EF4 (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) ⁻¹ "	-80%	400%	240.00	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 11, cuadro 11.3
"FracGASF (kg NH ₃ -N + NO _x -N) (kg N aplicado) ⁻¹ "	-82%	200%	140.91	Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 11, página. 11.26
"FracGASM (kg NH ₃ -N + NO _x -N) (kg N aplicado o depositado) ⁻¹ "	-100%	48%	73.81	

Parámetro	Límite Inferior (%)	Límite Superior (%)	Valor (%)	Fuente de información
"EF ₅ , kg N ₂ O-N (kg N lixiviación/ escurrimiento) ⁻¹ "	-100%	82%	90,91	
"FracLIXIVIACIÓN-(H) kg N (kg N agregado o por deposición de animales en pastoreo) ⁻¹ "	-96%	204%	150,00	
Factor de emisión regional para Sudamérica	-32,28%	48,03%	40,16	Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.11. Página. 5.53
FE de regadío: Aireación simple	-25%	32%	28,87	Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.12. Página. 5.54
FE de regadío: aireación múltiple	-25%	31%	28,18	
FE de secano: Alimentación regular por lluvia	-28%	37%	32,41	
FE de secano: Con tendencia a la sequía	-31%	50%	40,63	
FE de secano: Aguas profundas	-50%	100%	75,00	
FE - Régimen de gestión del agua en la pretemporada antes del período de cultivo de arroz	-11%	12%	11,89	Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.13. Página. 5.55

Fuente: Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006; Directrices del IPCC de 2006

4.3. Metodología para garantizar la coherencia de la serie temporal

Para la estimación de las emisiones de GEI del año 2019 y el recálculo de los años 2018, 2016, 2014, 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994 se ha aplicado la misma metodología y las mismas fuentes de información.

5. RESULTADO SECTORIAL

5.1. Análisis de los resultados

Las emisiones de GEI del año 2019 del sector agricultura incluyen las subcategorías (3.A.1.) fermentación entérica; (3.A.2.) manejo del estiércol; (3.C.1.) emisiones por quema de biomasa; aplicación de urea (3.C.3.); (3.C.4.) emisiones directas de N₂O de suelos gestionados; (3.C.5.) emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados; (3.C.6.) emisiones indirectas de N₂O por manejo del estiércol y (3.C.7.) cultivo de arroz. Cabe señalar que el presente RAGEI no incluye las emisiones de CO₂ producidas por el uso de cal en suelos agrícolas (subcategoría 3C2 encalado) debido a que no se cuenta con información sobre el consumo de cal a nivel nacional.

En el 2019, el sector agricultura emitió un total de 28,478.34 GgCO₂eq. En la Tabla 7 se reportan los resultados detallados de emisiones de GEI en Gigagramos³ (Gg) por categorías y fuentes de emisión.

Tabla 7. Emisiones de GEI del año 2019

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Dióxido de Carbono [GgCO ₂]	Metano [GgCH ₄]	Óxido nitroso [GgN ₂ O]	Emisiones de GEI [GgCO ₂ eq]
3	Agricultura	292.60	643.38	38.38	28,478.34
3A	Ganado		562.92	1.23	16,086.68
3A1	Fermentación entérica		551.16		15,432.44
3A1a.	Ganado vacuno		425.75		11,920.90
3A1ai	Ganado vacuno lechero		95.29		2,668.03
3A1aii	Otro ganado vacuno		330.46		9,252.87
3A1c	Ovino		56.86		1,592.03
3A1d	Caprino		9.01		252.26
3A1e	Llama y alpaca		44.42		1,243.64
3A1f	Caballos		8.61		241.03
3A1g	Mulas y asnos		5.41		151.50
3A1h	Porcinos		0.94		26.34
3A1j	Otros: cuyes		0.17		4.74
3A2	Manejo de estiércol		11.76	1.23	654.24
3A2a	Ganado vacuno		5.63	0.54	300.61
3A2ai	Ganado vacuno lechero		0.94	0.27	98.39
3A2aii	Otro ganado vacuno		4.69	0.27	202.22
3A2c	Ovino		1.30	-	36.50
3A2d	Caprino		0.30	-	8.27
3A2e	Llama y alpaca		1.19	0.52	169.96
3A2f	Caballos		0.68	-	19.16
3A2g	Mulas y asnos		0.43	-	12.07
3A2h	Porcinos		1.04	0.07	48.59
3A2i	Aves		1.02	0.10	54.34
3A2j	Otros: cuyes		0.17	-	4.74
3C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ en la tierra	292.60	80.46	37.16	12,391.67
3C	Emisiones por quema de biomasa		16.50	1.33	814.80
3C1b	Quema de biomasa en tierras de cultivo		2.68	0.07	93.39

³ 1 Gigagramo (Gr) = 1000 toneladas

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Dióxido de Carbono [GgCO ₂]	Metano [GgCH ₄]	Óxido nitroso [GgN ₂ O]	Emisiones de GEI [GgCO ₂ eq]
3C1c	Quema de biomasa en Pastizales		13.82	1.26	721.41
3C2	Encalado	NE			NE
3C3	Aplicación de urea	292.60			292.60
3C4	Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados			25.86	6,853.68
3C5	Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados			9.26	2,454.34
3C6	Emisiones indirectas de N₂O por manejo del estiércol			0.70	185.41
3C7	Cultivo de arroz		63.96	38.38	1,790.83

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8 se reportan los gases precursores en por categorías y fuentes de emisión.

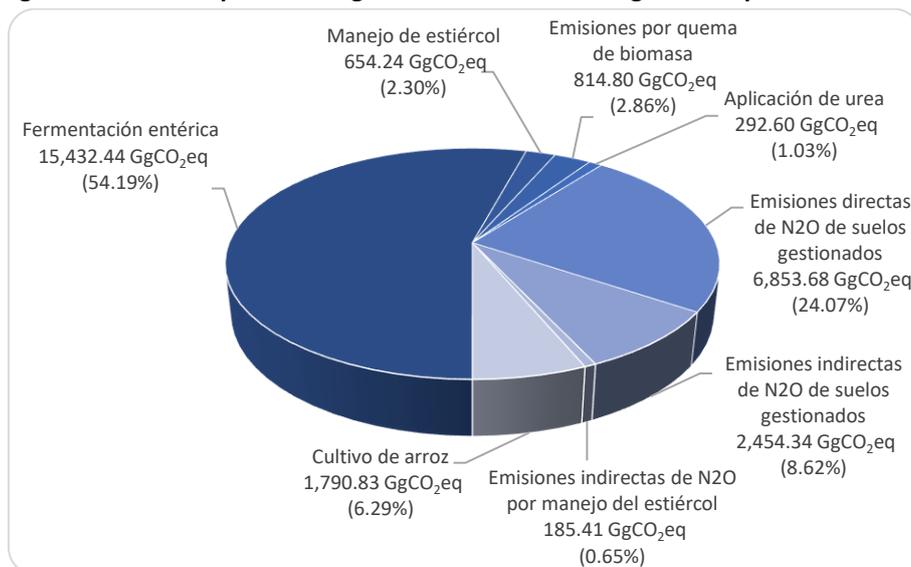
Tabla 8. Gases precursores reportados en el sector agricultura (Gg)

Código	Categorías de fuentes y sumideros	NO _x	CO	NM _{VO} C
3	Agricultura	25.92	390.80	
3A	Ganado			
3A1	Fermentación entérica			
3A2	Manejo de estiércol			
3C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ en la tierra	25.92	390.80	
3C	Emisiones por quema de biomasa	25.92	390.80	
3C1b	Quema de biomasa en tierras de cultivo	2.48	0.20	
3C1c	Quema de biomasa en pastizales	23.44	390.60	
3C2	Encalado			
3C3	Aplicación de urea			
3C4	Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados			
3C5	Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados			
3C6	Emisiones indirectas de N₂O por manejo del estiércol			
3C7	Cultivo de arroz			

Fuente: Elaboración propia

La Figura 3 presenta la distribución de las emisiones de GEI por subcategorías. Se aprecia que la principal fuente de emisión fue la subcategoría fermentación entérica con 15,432.44 GgCO₂eq que representó el 54.19% del total de las emisiones del sector, seguida por las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados con 6,853.68 GgCO₂eq, equivalente al 24.07%. Estas dos subcategorías representaron alrededor de 78.26% de las emisiones totales del sector. Las demás subcategorías tales como: emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados (8.62%), emisiones por quema de biomasa (2.86%), cultivo de arroz (6.29%), manejo de estiércol (2.30%), aplicación de urea (1.03%) y emisiones indirectas de N₂O por manejo del estiércol (0.65%), representaron el 21.74% restante.

Figura 3. Emisiones por subcategorías de GEI del sector agricultura para el año 2019



Fuente: Elaboración propia

El GEI más generado fue el CH₄ (63,26% del total de emisiones), el cual se debe principalmente a la digestión del ganado (subcategoría 3A1) y al cultivo del arroz (3C7). El N₂O es también un GEI significativo en el sector (aporte del 35,72%), el cual se emite principalmente por la gestión de los suelos (3C4 y 3C5), la quema de biomasa (3C1) y el manejo del estiércol (3A2).

5.2. Resultados de la serie temporal

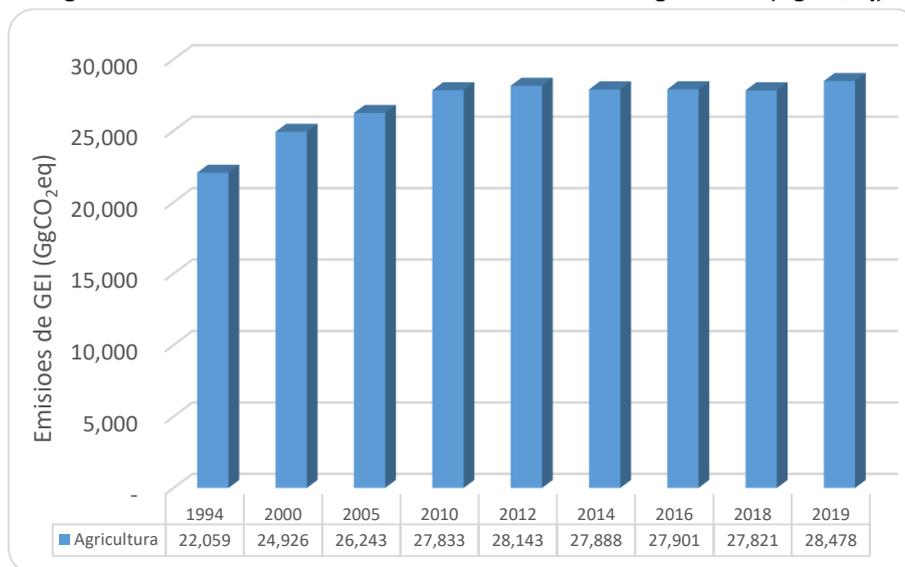
5.2.1. Serie temporal de emisiones

El RAGEI 2019 presenta una serie temporal de las emisiones de GEI de los años 1994, 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 y 2019, estimadas con la misma metodología y fuentes de información.

En la Figura 4 se aprecia que las emisiones de 1994 al 2019, aumentaron en 6,418.97 GgCO₂eq, lo que representó un incremento de 29.10%, mientras que del 2018 al 2019 aumentaron en 657.07 GgCO₂eq, lo que representó un incremento de 2.36%.

Respecto a la evolución de las emisiones, se aprecia que las emisiones totales presentaron un comportamiento creciente hasta alcanzar un pico en 2012, y posteriormente decrece hacia el 2018, para luego incrementar el 2019. Este comportamiento se debe principalmente al aumento en la población de ganado que se ha registrado en los últimos años, siendo el ganado vacuno la especie con un mayor aporte en las emisiones del sector.

Figura 4. Evolución de las emisiones de GEI del sector agricultura (GgCO₂eq)



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9 se detalla el cambio en las emisiones de GEI de los años 1994, 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 y 2019, presentados por subcategorías de emisión.

Tabla 9. Evolución de las emisiones de GEI del sector agricultura (GgCO₂eq)

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones de GEI (GgCO ₂ eq)								
		1994	2000	2005	2010	2012	2014	2016	2018	2019
3	Agricultura	22,059.37	24,925.90	26,242.86	27,833.42	28,143.37	27,887.71	27,900.80	27,821.27	28,478.34
3.A	Ganado	13,553.34	14,872.71	15,627.92	16,292.78	16,244.90	16,091.05	15,931.84	16,018.11	16,086.68
3.A.1	Fermentación entérica	13,001.71	14,279.75	14,994.68	15,625.81	15,586.30	15,422.98	15,284.69	15,356.54	15,432.44
3.A.1.a	Ganado vacuno	9,203.19	10,273.54	10,932.40	11,607.77	11,945.71	11,797.04	11,743.35	11,855.35	11,920.90
3.A.1.a.i	Ganado vacuno lechero	1,316.14	1,481.22	1,942.39	2,250.92	2,466.45	2,519.27	2,597.68	2,631.27	2,668.03
3.A.1.a.ii	Otro ganado vacuno	7,887.04	8,792.31	8,990.01	9,356.85	9,479.27	9,277.77	9,145.67	9,224.08	9,252.87
3.A.1.c	Ovino	1,773.38	2,072.14	2,073.93	1,982.36	1,705.78	1,631.32	1,603.09	1,586.33	1,592.03
3.A.1.d	Caprino	275.58	284.89	273.41	275.56	272.93	266.72	263.16	253.77	252.26
3.A.1.e	Llama y alpaca	881.05	954.78	1,089.65	1,214.68	1,147.28	1,238.21	1,215.03	1,227.07	1,243.64
3.A.1.f	Caballos	535.33	413.30	376.83	321.24	301.38	282.74	265.25	247.72	241.03
3.A.1.g	Mulas y asnos	311.80	255.73	221.27	194.49	185.43	177.15	165.20	155.88	151.50
3.A.1.h	Porcinos	19.36	22.92	24.25	26.21	24.06	25.80	25.33	25.85	26.34
3.A.1.j	Otros: cuyes	2.03	2.45	2.94	3.49	3.74	4.00	4.28	4.58	4.74
3.A.2	Manejo de estiércol	551.63	592.96	633.24	666.97	658.60	668.07	647.14	661.57	654.24
3.A.2.a	Ganado vacuno	226.72	251.93	272.85	289.44	300.36	297.64	297.40	298.53	300.61
3.A.2.a.i	<i>Ganado vacuno lechero</i>	54.28	59.68	76.32	84.91	93.17	94.86	97.52	96.93	98.39
3.A.2.a.ii	<i>Otro ganado vacuno</i>	172.45	192.24	196.53	204.53	207.19	202.78	199.88	201.59	202.22
3.A.2.c	Ovino	47.99	56.02	56.11	53.65	46.31	44.39	37.24	42.94	36.50
3.A.1.d	Caprino	8.76	8.99	8.76	8.85	9.07	8.90	8.69	8.35	8.27
3.A.1.e	Llama y alpaca	139.61	149.88	167.80	180.06	170.75	181.12	167.45	175.00	169.96
3.A.1.f	Caballos	44.30	34.06	31.60	27.07	25.25	23.95	21.14	20.76	19.16
3.A.1.g	Mulas y asnos	25.44	20.88	18.19	15.99	15.39	14.92	13.18	13.05	12.07
3.A.1.h	Porcinos	34.12	40.48	42.95	46.31	43.13	46.52	46.69	46.45	48.59
3.A.1.i	Aves	22.66	28.27	32.02	42.11	44.60	46.64	51.09	51.91	54.34
3.A.1.j	Otros: cuyes	2.03	2.45	2.94	3.49	3.74	4.00	4.28	4.58	4.74
3.C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ en la tierra	8,506.03	10,053.19	10,614.94	11,540.64	11,898.47	11,796.66	11,968.97	11,803.16	12,391.67
3.C.1	Emisiones por quema de biomasa	763.64	780.57	791.08	806.37	809.80	814.60	817.46	816.80	814.80
3.C.1.b	Quema de biomasa en tierras de cultivo	55.05	67.42	73.58	85.23	88.35	92.35	94.60	94.84	93.39
3.C.1.c	Quema de biomasa en Pastizales	708.59	713.14	717.50	721.13	721.45	722.24	722.86	721.96	721.41
3.C.3.	Aplicación de urea	155.20	256.77	181.77	239.83	293.87	250.73	262.54	188.39	292.60

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones de GEI (GgCO ₂ eq)								
		1994	2000	2005	2010	2012	2014	2016	2018	2019
3.C.4.	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	4,711.87	5,610.54	5,829.49	6,353.88	6,575.14	6,566.12	6,543.44	6,420.39	6,853.68
3.C.5.	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	1,734.62	2,039.89	2,130.63	2,301.34	2,352.58	2,347.23	2,355.11	2,305.44	2,454.34
3.C.6.	Emisiones indirectas de N ₂ O por manejo del estiércol	103.81	121.57	134.96	159.75	165.18	170.20	177.95	180.19	185.41
3.C.7.	Cultivo de arroz	1,036.90	1,243.86	1,547.00	1,679.47	1,701.91	1,647.77	1,812.47	1,891.94	1,790.83

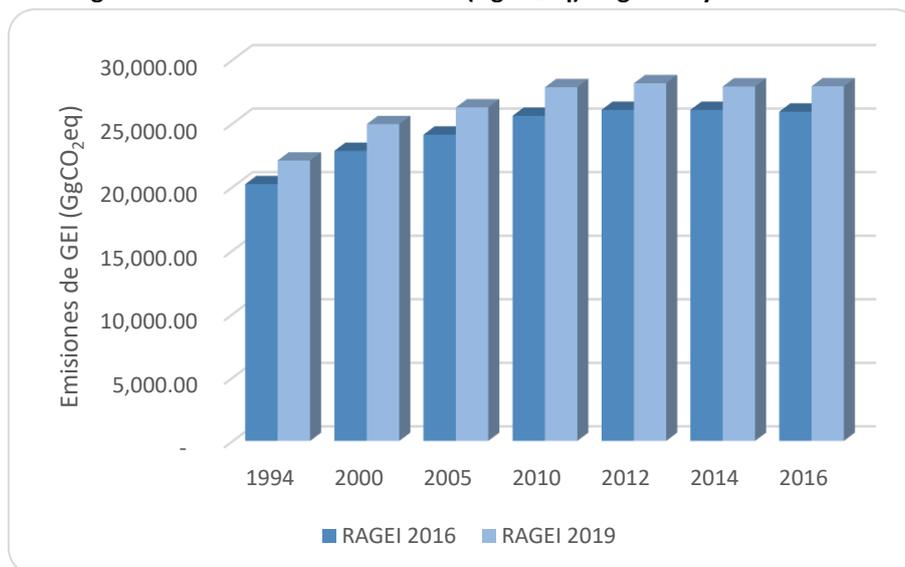
Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Actualización de las emisiones de la serie temporal

En el RAGEI 2019 se actualizaron los resultados de las emisiones de los años 1994, 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016, debido los cambios que se realizaron en los valores de potenciales de calentamiento atmosférico, la actualización de datos de actividad y mejoras metodológicas implementadas en las estimaciones.

La Figura 5 presenta los resultados de las emisiones GEI de los años reportados anteriormente, en el RAGEI 2016 (valor original), y actualizada en el presente RAGEI 2019 (valor actualizado).

Figura 5. Serie de emisiones de GEI (GgCO₂eq) originales y actualizadas



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la Tabla 10 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan, por subcategorías, las diferencias derivadas de los recálculos en el sector agricultura. Como se observa, las mejoras realizadas conllevaron cambios en los resultados en las emisiones GEI reportadas previamente.

Tabla 10. Serie temporal de emisiones (GgCO₂eq) originales y actualizadas

Categorías		1994			2000			2005			2010		
		Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]			Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]			Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]			Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]		
		O	A	Δ %	O	A	Δ %	O	A	Δ %	O	A	Δ %
3A	Ganado	9,981.67	13,554.99	35.80%	10,913.97	14,874.66	36.29%	11,672.91	15,663.88	34.19%	12,185.04	16,295.01	33.73%
3A1	Fermentación entérica	9,484.37	13,001.71	37.09%	10,376.09	14,279.75	37.62%	11,089.31	14,994.68	35.22%	11,564.62	15,625.81	35.12%
3A2	Manejo de estiércol	497.30	553.28	11.26%	537.88	594.92	10.60%	583.60	669.20	14.67%	620.41	669.20	7.86%
3C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ en la tierra	10,223.13	8,516.28	-16.70%	11,908.45	10,065.33	-15.48%	12,426.86	10,627.78	-14.48%	13,395.03	11,554.52	-13.74%
3C1	Emisiones por quemado de biomasa	1,801.49	763.64	-57.61%	1,800.74	780.57	-56.65%	1,816.65	791.08	-56.45%	1,862.62	806.37	-56.71%
3C3	Aplicación de urea	155.20	155.20	0.00%	256.77	256.77	0.00%	181.77	181.77	0.00%	239.83	239.83	0.00%
3C4	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	5,534.16	4,719.40	-14.72%	6,626.31	5,619.45	-15.19%	6,918.56	5,838.92	-15.60%	7,486.27	6,364.07	-14.99%
3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	1,982.52	1,736.60	-12.40%	2,338.43	2,042.24	-12.67%	2,437.21	2,133.11	-12.48%	2,613.65	2,304.02	-11.85%
3C6	Emisiones indirectas de N ₂ O por manejo de estiércol	121.59	104.55	-14.01%	142.43	122.45	-14.03%	158.51	135.89	-14.27%	187.72	160.76	-14.36%
3C7	Cultivos de arroz	628.18	1,036.90	65.07%	743.77	1,243.86	67.24%	914.17	1,547.00	69.22%	1,004.94	1,679.47	67.12%
TOTAL		20,204.80	22,071.27	9.24%	22,822.42	24,939.99	9.28%	24,099.78	26,291.66	9.10%	25,580.06	27,849.53	8.87%

Leyenda: O - Original, A - Actual, Δ [%] - Variación de la estimación actual con respecto a la estimación original

Nota 1: Los valores negativos de la columna de variación (Δ%) indican una reducción del valor de las emisiones respecto al cálculo original.

Fuente: Elaboración propia

(Continuación). Serie temporal de emisiones (GgCO₂eq) originales y actualizadas

Categorías	2012			2014			2016			2018	2019
	Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]			Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]			Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]			Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]	Emisiones GEI [GgCO ₂ eq]
	O	A	Δ %	O	A	Δ %	O	A	Δ %	A	A
3A Ganado	12,228.67	16,246.95	32.86%	12,161.38	16,093.25	32.33%	12,084.69	15,934.00	31.85%	16,020.31	16,088.92
3A1 Fermentación entérica	11,613.43	15,586.30	34.21%	11,533.32	15,422.98	33.73%	11,462.85	15,284.69	33.34%	15,356.54	15,432.44
3A2 Manejo de estiércol	615.24	660.65	7.38%	628.06	670.27	6.72%	621.84	649.30	4.42%	663.77	656.48
3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO ₂ en la tierra	13,819.35	11,911.21	-13.81%	13,678.69	11,810.32	-13.66%	13,825.60	11,982.38	-13.33%	11,816.85	12,405.61
3C1 Emisiones por quemado de biomasa	1,875.81	809.80	-56.83%	1,883.56	814.60	-56.75%	1,891.33	817.46	-56.78%	816.80	814.80
3C3 Aplicación de urea	293.87	293.87	0.00%	250.73	250.73	0.00%	262.54	262.54	0.00%	188.39	292.60
3C4 Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	7,763.15	6,584.49	-15.18%	7,704.60	6,576.16	-14.65%	7,709.86	6,553.30	-15.00%	6,430.44	6,863.92
3C5 Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	2,674.69	2,355.04	-11.95%	2,660.13	2,349.87	-11.66%	2,667.66	2,357.70	-11.62%	2,308.09	2,457.04
3C6 Emisiones indirectas de N ₂ O por manejo de estiércol	194.12	166.10	-14.43%	200.17	171.19	-14.48%	209.30	178.92	-14.52%	181.19	186.42
3C7 Cultivos de arroz	1,017.71	1,701.91	67.23%	979.50	1,647.77	68.23%	1,084.91	1,812.47	67.06%	1,891.94	1,790.83
TOTAL	26,048.02	28,158.17	8.10%	25,840.07	27,903.57	7.99%	25,910.29	27,916.38	7.74%	27,837.17	28,494.53

Leyenda: O - Original, A - Actual, Δ [%] - Variación de la estimación actual con respecto a la estimación original

Nota 1: Los valores negativos de la columna de variación (Δ%) indican una reducción del valor de las emisiones respecto al cálculo original.

Fuente: Elaboración propia

5.3. Resultados de incertidumbre

El análisis de incertidumbre ha permitido identificar las fuentes que poseen incertidumbres combinadas mayores y menores. Para el caso del metano, la categoría que resultó con un menor valor de incertidumbre combinada fue la fermentación entérica del ganado vacuno con un 26.63%. Este resultado se debe, en parte, a que se utilizó un nivel 2 para el cálculo de sus emisiones. Por otro lado, la categoría que resultó con un mayor valor de incertidumbre para el gas metano fue la de fermentación entérica para otro ganado, con un valor de 50.99% provenientes de las fuentes de ganado ovino, caprino, llama y alpaca, y porcino.

En el caso del óxido nitroso, la categoría con menor valor de incertidumbre fue la de quema de biomasa en tierras de cultivo, con un valor de 22.36%, mientras que el mayor valor de incertidumbre se dio en la categoría de emisiones indirectas de N₂O por manejo del estiércol con 240.04%.

Los resultados de la incertidumbre del sector agricultura se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Valores de incertidumbre del sector Agricultura

Código	Fuente	Gas	Estimaciones de GEI año t	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada GgCO ₂ e/q	Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{(E^2+F^2)}$ %
3	Agricultura					
3.C.	Ganado					
3.A.1.	Fermentación entérica					
3.A.1.a	Ganado vacuno	CH ₄	11,920.90	10.00	24.22	26.20
3.A.1.c	Ovino	CH ₄	1,592.03	10.00	50.00	50.99
3.A.1.d	Caprino	CH ₄	252.26	10.00	50.00	50.99
3.A.1.e	Llama y alpaca	CH ₄	1,243.64	10.00	50.00	50.99
3.A.1.f	Caballos	CH ₄	241.03	ND	50.00	50.00
3.A.1.g	Mulas y asnos	CH ₄	151.50	ND	50.00	50.00
3.A.1.h	Porcinos	CH ₄	26.34	10.00	50.00	50.99
3.A.1.j	Otros: cuyes	CH ₄	4.74	ND	50.00	50.00
3.A.2.	Manejo de estiércol					
3.A.2.a	Ganado vacuno	CH ₄	157.66	8.50	25.50	26.88
3.A.2.c	Ovino	CH ₄	36.50	10.00	30.00	31.62
3.A.2.d	Caprino	CH ₄	8.27	10.00	30.00	31.62
3.A.2.e	Llama y alpaca	CH ₄	33.21	10.00	30.00	31.62
3.A.2.f	Caballos	CH ₄	19.16	ND	30.00	30.00
3.A.2.g	Mulas y asnos	CH ₄	12.07	ND	30.00	30.00
3.A.2.h	Porcinos	CH ₄	29.17	10.00	30.00	31.62
3.A.2.i	Aves	CH ₄	28.62	5.00	30.00	30.41
3.A.2.h	Otros: cuyes	CH ₄	4.74	ND	30.00	30.00
3.C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ en la tierra					
3.C.1	Emisiones por quema de biomasa					
3.C.1.b	Quema de biomasa en tierras de cultivo	CH ₄	74.99	10.00	20.00	22.36

Código	Fuente	Gas	Estimaciones de GEI año t	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada GgCO ₂ eq	Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{(E^2+F^2)}$ %
3.C.1.c	Quema de biomasa en pastizales	CH ₄	387.00	12.50	39.13	41.08
3.C.7	Cultivo de arroz	CH ₄	1,790.83	10.00	47.39	48.43
3.A	Ganado					
3.A.2	Manejo de estiércol					
3.A.2.a	Ganado vacuno	N ₂ O	142.95	7.07	21.21	22.36
3.A.2.e	Llama y alpaca	N ₂ O	136.76	10.00	30.00	31.62
3.A.2.h	Porcinos	N ₂ O	21.66	10.00	30.00	31.62
3.A.2.i	Aves	N ₂ O	25.72	5.00	30.00	30.41
3.C.	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ en la tierra					
3.C.1.	Emisiones por quema de biomasa					
3.C.1.b.	Quema de biomasa en tierras de cultivo	N ₂ O	18.40	10.00	20.00	22.36
3.C.1.c.	Quema de biomasa en pastizales	N ₂ O	508.26	12.50	39.13	41.08
3.C.4.	Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados					
3.C.4.	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O	6,863.92	16.85	75.78	77.63
3.C.5.	Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados					
3.C.5.	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O	2,457.04	16.85	151.52	152.46
3.C.6.	Emisiones indirectas de N₂O por manejo del estiércol					
3.C.6.	Emisiones indirectas de N ₂ O por manejo del estiércol	N ₂ O	186.42	4.21	240.00	240.04
3.C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ en la tierra					
3.C.3.	Aplicación de urea	CO ₂	292.60	0.00	50.00	50.00

Fuente: Elaboración propia

6. RESULTADOS POR SUBCATEGORÍA

6.1. Fermentación Entérica (3A1)

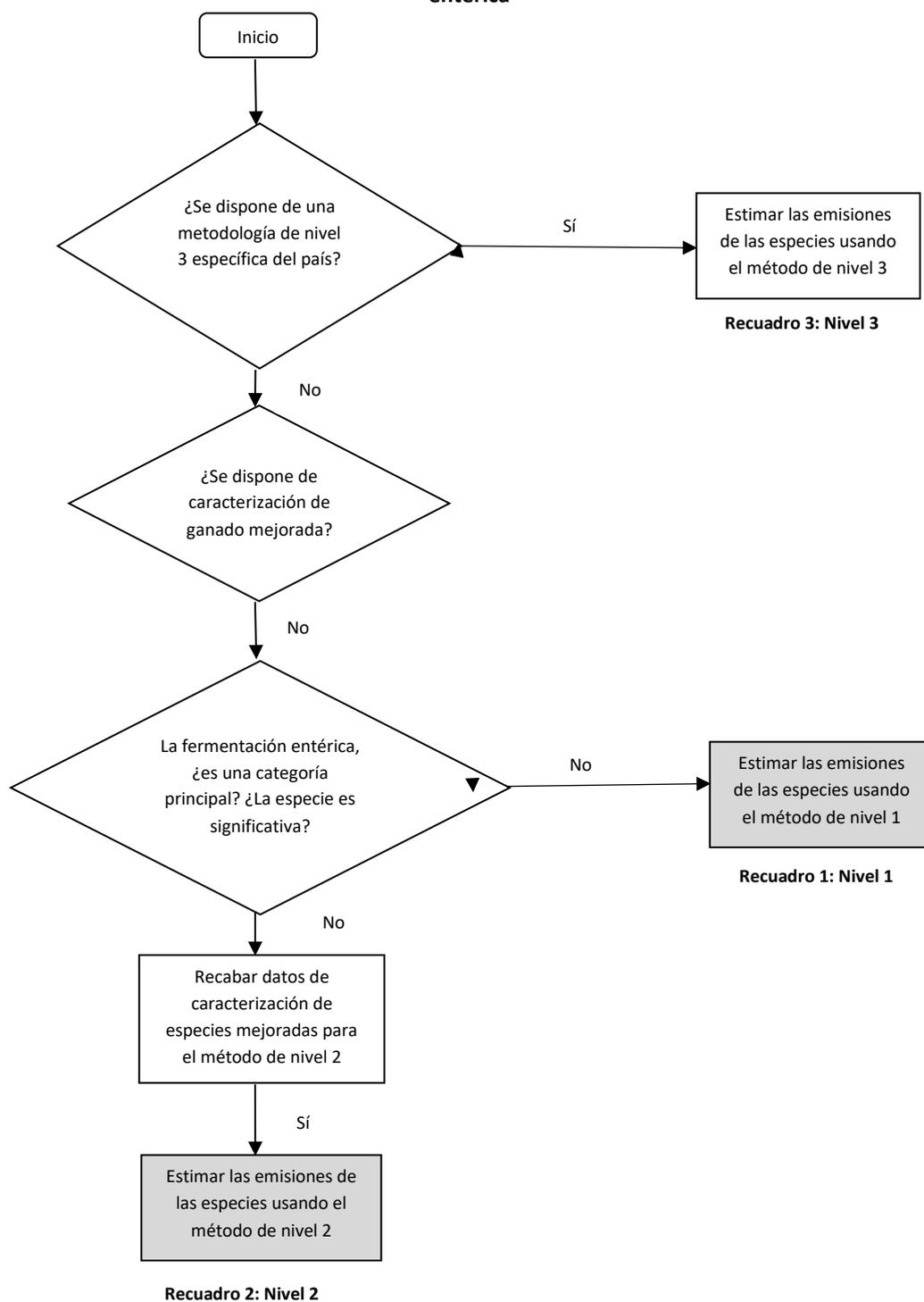
6.1.1. Método de cálculo

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 o calculados utilizando una metodología más detallada de nivel 2.
- 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 Figura 6 presenta 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 6. Árbol de decisiones para las emisiones de metano (CH₄) resultantes de la fermentación entérica



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Pág. 10.25

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

- Para el ganado vacuno, se dispone de una caracterización de ganado mejorada.
- Para las otras especies de ganado, no se dispone de información para realizar una caracterización de ganado mejorado.

Por lo anterior, considerando que las emisiones de metano entérico son una categoría principal y en línea con las buenas prácticas del IPCC, 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 del nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

Las ecuaciones 10.19 y 10.20 de las Directrices del IPCC de 2006 son aplicadas para estimar las emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica.

Ecuación N° 10.19. Emisiones por fermentación entérica de una categoría de ganado

$$Emisiones = EF_{(T)} * \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Donde:

- Emisiones = emisiones de metano por fermentación entérica, GgCH₄ año⁻¹
 EF_(T) = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹
 N_(T) = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país
 T = especie/categoría de ganado

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Ecuación 10.19. Pág. 10.28

Ecuación N° 10.20. Emisiones totales por fermentación entérica del ganado

$$Total CH_4 Entérica = \sum_i E_i$$

Donde:

- Total CH₄ Entérica = emisiones totales de metano por fermentación entérica, Gg CH₄ año⁻¹
 E_i = emisiones de las i categorías y subcategorías de ganado

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Ecuación 10.20. Pág. 10.28

6.1.2. Datos de actividad

La Tabla 12 presenta la información sobre datos de actividad utilizada para estimar las emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica.

Tabla 12. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones de metano (CH₄) provenientes de la fermentación entérica

Dato de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
Población media anual de animales vivos	Población Anual de animales vivos por departamento	cabezas	MIDAGRI (2020). Anuario Estadístico de producción ganadera y avícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anales/5-ganadera-avicola 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. Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios	Las cabezas de ganado sirven para que, una vez multiplicados por su respectivo factor de emisión, se determinen las emisiones de GEI por cada tipo de ganado.
Población media anual de ganado vacuno lechero y otro ganado vacuno	Población Anual de vacas en ordeño por departamento	cabezas	MIDAGRI (2020). Anuario Estadístico de producción ganadera y avícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anales/5-ganadera-avicola	
Producción media anual de leche cruda de vaca	Producción de leche cruda de vaca por departamento	t/año	MIDAGRI (2020). Anuario Estadístico de producción ganadera y avícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anales/5-ganadera-avicola	
Población de ganado vacuno por subcategoría	Representatividad de la población de ganado vacuno por subcategoría sector, edad, género	%	CENAGRO 2012	Dato de Actividad para caracterización mejorada (Nivel 2). Se multiplica por la población de vacunos y se obtienen las cabezas de ganado vacuno para cada subcategoría Las cabezas de ganado sirven para que, una vez multiplicados por su respectivo factor de emisión, se determinen las emisiones de GEI por cada tipo de ganado.

Fuente: Elaboración propia.

La información utilizada se detalla a continuación:

a) Población de ganado

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, el dato de actividad es el número de cabezas de animales domésticos de distintas especies. En el RAGEI 2019 se utilizaron datos de la población obtenidos de estadísticas nacionales oficiales del sector agricultura:

El SIEA -MIDAGRI genera información periódica y anual sobre la población de animales vivos por departamento de las principales categorías de ganado (ganado vacuno lechero, otro ganado vacuno, ovinos, llamas, alpacas, caprinos, porcinos), los cuales son presentados en la Tabla 13.

Tabla 13. Población anual de animales vivos por departamento, 2019

Departamento	Población de animales (cabezas)					
	Vacuno	Alpaca	Llama	Caprino	Ovino	Porcino
Total nacional	5,599,893.00	4,456,049.00	1,095,921.00	1,801,882.00	11,371,639.00	3,269,538.00
Amazonas	247,855.00	-	-	13,975.00	23,047.00	88,090.00
Ancash	306,065.00	10,200.00	-	169,697.00	671,829.00	171,477.00
Apurímac	296,567.00	215,340.00	72,611.00	109,518.00	456,405.00	133,036.50
Arequipa	212,744.00	430,134.00	88,209.00	16,611.00	188,221.00	107,120.00
Ayacucho	453,426.00	309,833.00	79,754.00	192,115.00	617,461.00	118,454.00
Cajamarca	655,840.00	1,190.00	-	107,350.00	480,072.00	288,252.00
Cusco	439,168.00	669,365.00	150,801.00	34,907.00	1,443,471.00	127,738.00
Huancavelica	182,010.00	270,053.00	131,322.00	181,228.00	625,574.00	157,545.00
Huánuco	292,866.00	6,760.00	3,512.00	102,260.00	529,832.00	405,725.00
Ica	50,530.00	-	-	75,880.00	26,695.00	102,767.00
Junín	326,506.00	100,532.00	67,302.00	12,015.00	1,614,094.00	171,904.00
La Libertad	235,457.00	7,710.00	-	82,812.00	360,982.00	114,462.00
Lambayeque	113,602.00	-	-	106,151.00	68,325.00	73,428.00
Lima	250,851.00	46,747.50	21,780.00	169,383.00	315,962.00	464,899.50
Loreto	46,190.00	-	-	291.00	11,303.00	95,430.00
Madre de Dios	56,880.00	-	-	220.00	8,287.00	10,715.00
Moquegua	23,721.00	144,970.00	38,655.00	8,333.00	49,291.00	13,225.00
Pasco	119,542.00	130,777.50	43,880.00	6,345.00	691,923.00	53,567.00
Piura	258,181.00	100.00	-	330,221.00	274,350.00	167,980.00
Puno	733,260.00	2,035,280.00	369,690.00	-	2,852,165.00	119,760.00
San Martín	211,843.00	-	-	-	9,269.00	170,291.00
Tacna	18,884.00	77,057.00	28,405.00	17,080.00	36,005.00	36,232.00
Tumbes	22,200.00	-	-	65,320.00	7,515.00	30,010.00
Ucayali	45,705.00	-	-	170.00	9,561.00	47,430.00

Fuente: MIDAGRI 2020

El RAGEI incluye las poblaciones de caballos, yeguas, mulas y cuyes. Estas categorías de ganado no son registradas en el SIEA, pero sí en el Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) que desarrolla el INEI. A la fecha, el país ha desarrollado el CENAGRO para los años 1994 y 2012. A partir de esta información se ha realizado una proyección mediante regresión lineal corregida de la población de asnos y mulas, caballos y cuyes, por departamento, la misma que se presenta en la Tabla 14.

Tabla 14. Población anual de animales vivos por departamento, 2019

Departamento	Asnos/mulas	Caballos	Cuyes
Total nacional	590,007.71	526,290.56	14,537,707.08
Amazonas	12,505.26	27,291.81	359,134.70
Ancash	80,381.19	39,392.51	1,923,372.50
Apurímac	10,629.87	82,161.57	1,204,315.16
Arequipa	17,834.91	7,725.21	495,062.47
Ayacucho	36,128.51	33,843.90	603,395.41
Cajamarca	81,874.13	49,645.87	2,820,931.81
Cusco	40,806.35	64,631.17	1,998,294.25
Huancavelica	19,801.95	21,285.49	369,628.40
Huánuco	35,256.31	39,975.30	715,436.26
Ica	3,424.05	2,797.64	58,955.06
Junín	29,382.78	10,521.23	1,028,145.44
La Libertad	52,367.09	40,434.51	784,358.51
Lambayeque	12,246.05	6,894.07	274,260.03
Lima	24,667.37	12,397.32	881,708.41
Loreto	473.11	3,809.64	17,602.94
Madre de Dios	22.59	476.54	2,734.82
Moquegua	5,796.44	665.28	159,933.43
Pasco	8,977.70	10,030.31	96,243.55
Piura	43,551.59	32,523.66	114,556.82
Puno	58,066.40	9,935.45	116,704.46
San Martín	11,662.78	24,626.04	377,865.00
Tacna	1,448.61	682.89	119,692.18
Tumbes	2,515.28	2,337.35	2,519.87
Ucayali	187.37	2,205.79	12,855.61

Fuente: DGAAA, MIDAGRI (proyectado en base a CENAGRO 1994 y 2012).

Para el caso de especies con periodos de vida menores a un año, se realizó un ajuste en los números de la población, estimando la población media anual como el número de animales criados dividido entre la cantidad de ciclos de cría por año. Este ajuste fue aplicado a las especies de ganado porcino y de cuyes).

Ecuación N° 10.1. Población promedio anual

$$APP = \text{Días_viva} * \left(\frac{NAPA}{365} \right)$$

Donde:

- AAP = población promedio anual
- NAPA = cantidad de animales producidos anualmente

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Ecuación 10.1. Pág. 10.8

La Tabla 15 presenta población media anual de las especies de ganado.

Tabla 15. Población media anual de animales vivos por departamento, 2019

Departamento	Población media anual (cabezas/año)								
	Vacuno	Ovino	Caprino	Caballos	Asnos/Mulas	Porcino	Alpaca	Llama	Cuyes
Total nacional	5,599,893.00	11,371,639.00	1,801,882.00	478,241.72	541,066.21	940,552.03	4,456,049.00	1,095,921.00	3,971,222.85
Amazonas	247,855.00	23,047.00	13,975.00	25,615.08	9,408.72	25,340.96	0.00	0.00	94,608.65
Ancash	306,065.00	671,829.00	169,697.00	37,856.28	74,674.60	49,329.00	10,200.00	0.00	532,565.19
Apurímac	296,567.00	456,405.00	109,518.00	77,426.97	9,867.79	38,270.77	215,340.00	72,611.00	337,616.68
Arequipa	212,744.00	188,221.00	16,611.00	7,099.01	16,670.76	30,815.34	430,134.00	88,209.00	133,709.43
Ayacucho	453,426.00	617,461.00	192,115.00	31,550.38	34,774.38	34,075.81	309,833.00	79,754.00	185,053.88
Cajamarca	655,840.00	480,072.00	107,350.00	37,064.52	72,778.52	82,921.81	1,190.00	0.00	781,635.38
Cusco	439,168.00	1,443,471.00	34,907.00	58,571.87	39,727.49	36,746.55	669,365.00	150,801.00	551,387.81
Huancavelica	182,010.00	625,574.00	181,228.00	18,583.96	14,725.93	45,321.16	270,053.00	131,322.00	95,119.27
Huánuco	292,866.00	529,832.00	102,260.00	37,791.71	33,805.81	116,715.41	6,760.00	3,512.00	181,428.89
Ica	50,530.00	26,695.00	75,880.00	2,472.97	2,931.03	29,563.11	0.00	0.00	17,050.80
Junín	326,506.00	1,614,094.00	12,015.00	9,245.91	26,919.99	49,451.84	100,532.00	67,302.00	266,607.93
La Libertad	235,457.00	360,982.00	82,812.00	38,999.22	49,061.71	32,927.42	7,710.00	0.00	205,594.69
Lambayeque	113,602.00	68,325.00	106,151.00	6,265.08	10,753.67	21,123.12	0.00	0.00	74,438.62
Lima	250,851.00	315,962.00	169,383.00	11,378.62	21,480.90	133,738.21	46,747.50	21,780.00	249,020.71
Loreto	46,190.00	11,303.00	291.00	4,092.93	616.81	27,452.47	0.00	0.00	4,586.34
Madre de Dios	56,880.00	8,287.00	220.00	501.01	21.49	3,082.40	0.00	0.00	630.69
Moquegua	23,721.00	49,291.00	8,333.00	583.35	5,301.48	3,804.45	144,970.00	38,655.00	43,872.18
Pasco	119,542.00	691,923.00	6,345.00	9,107.87	8,494.05	15,409.68	130,777.50	43,880.00	23,324.70
Piura	258,181.00	274,350.00	330,221.00	27,998.47	38,789.44	48,323.01	100.00	0.00	27,902.26
Puno	733,260.00	2,852,165.00	0.00	8,117.62	53,525.79	34,451.51	2,035,280.00	369,690.00	29,250.74
San Martín	211,843.00	9,269.00	0.00	22,871.14	13,088.07	48,987.82	0.00	0.00	100,453.50
Tacna	18,884.00	36,005.00	17,080.00	615.35	1,257.41	10,422.90	77,057.00	28,405.00	31,546.98
Tumbes	22,200.00	7,515.00	65,320.00	2,165.55	2,202.89	8,633.01	0.00	0.00	634.08
Ucayali	45,705.00	9,561.00	170.00	2,266.84	187.47	13,644.25	0.00	0.00	3,183.49

Fuente: Elaboración propia.

b) Caracterización mejorada del ganado vacuno

La aplicación de un método de nivel 2 se realiza sobre categorías de población de ganado con un mayor nivel de desagregación, por lo cual, se requiere una recopilación detallada de los datos actividad.

En el RAGEI 2019, la población de ganado vacuno fue caracterizada como “ganado vacuno lechero” y “otro ganado vacuno”, a partir de fuentes estadísticas oficiales del sector (Tabla 16). El ganado vacuno lechero se refiere exclusivamente a la clase de vacas en ordeño, según lo establecido en las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 16. Población media anual de ganado vacuno lechero y otro ganado vacuno por departamento(cabezas/año), 2019

Departamento	Ganado vacuno Lechero	Otro ganado vacuno
Total nacional	905,818.00	4,694,075.00
Amazonas	79,623.00	168,232.00
Ancash	14,847.00	291,218.00
Apurímac	31,825.00	264,742.00
Arequipa	75,737.00	137,007.00
Ayacucho	33,695.00	419,731.00
Cajamarca	164,222.00	491,618.00
Cusco	80,570.00	358,598.00
Huancavelica	12,120.00	169,890.00
Huánuco	34,916.00	257,950.00
Ica	12,537.00	37,993.00
Junín	40,669.00	285,837.00
La Libertad	48,823.00	186,634.00
Lambayeque	17,837.00	95,765.00
Lima	71,092.00	179,759.00
Loreto	1,228.00	44,962.00
Madre de Dios	1,354.00	55,526.00
Moquegua	5,671.00	18,050.00
Pasco	29,614.00	89,928.00
Piura	24,072.00	234,109.00
Puno	95,949.00	637,311.00
San Martín	19,732.00	192,111.00
Tacna	5,692.00	13,192.00
Tumbes	362.00	21,838.00
Ucayali	3,631.00	42,074.00

Fuente: MIDAGRI 2020

A partir de la caracterización en “otro ganado vacuno” y “ganado vacuno lechero”, la población de ganado vacuno fue agrupada en siete subcategorías:

- Vacas adultas lecheras en producción.
- Vacas adultas para producción de carne.
- Toros y bueyes.
- Vaquillas lecheras jóvenes de reemplazo.

- Vaquillas jóvenes de reemplazo para carne.
- Machos jóvenes en crecimiento.
- Ternero/a previo al destete.

La desagregación de las siete subcategorías se realizó utilizando como referencia la fuente oficial del último Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO), realizado en el 2012. La Tabla 17 presenta el porcentaje de representatividad de cada clase de ganado vacuno según grupo de edad o género y el número de cabezas de ganado por cada clase analizada.

Tabla 17. Existencias de ganado vacuno por subcategoría de ganado, 2019

Categoría de edad o genero	Valor de representatividad dentro del clase ganado vacuno	Número de cabezas
Vacas adultas lecheras en producción	16.18%	905,818.00
Vacas adultas para producción de carne	23.45%	1,313,208.36
Toros y bueyes	13.70%	767,249.43
Vaquillas lecheras jóvenes de reemplazo	4.54%	254,173.13
Vaquillas jóvenes de reemplazo para carne	11.97%	670,156.82
Machos jóvenes en crecimiento	7.78%	435,481.38
Ternero/a previo al destete	22.39%	1,253,805.87

Fuente: Elaboración propia.

6.1.3. Factores de emisión y conversión

A. Factores de emisión

Las Directrices del IPCC de 2006 brindan factores de emisión por defecto para las clases de ganado evaluadas. Sin embargo, para el ganado vacuno, por ser una categoría principal, se utilizan parámetros nacionales, es decir de Nivel 2. La Tabla 18 brinda el detalle de los factores de emisión calculados y por defecto que han sido utilizados.

Tabla 18. Factores de emisión de la fermentación entérica

Fuente de emisión	Factor de emisión	Valor calculado (C) /por defecto (D)	Dato Nacional	Fuente de información
Fermentación entérica	Factores de emisión de metano procedente de la fermentación entérica del ganado vacuno - Nivel 2	C	Población anual media de vacunos por subcategoría sector, edad, género Ingesta de Energía Bruta Energía Bruta convertida en metano	Estadísticas nacionales, Dictamen de expertos (MIDAGRI 2020), Directrices del IPCC de 2006.
	Factores de emisión de metano procedente de la fermentación entérica del ganado de otras especies (ovejas, cabras, caballos, mulas, asnos y cerdos).	D	-	Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*

*Se emplearon factores del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006 por considerarse más actualizadas y adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Elaboración propia.

i. Factor de emisión de metano procedente de la fermentación entérica del ganado vacuno

La aplicación de un método de nivel 2 para emisiones de metano por fermentación entérica, requiere de datos detallados y específicos del país referido a ingesta de energía bruta y de factores de conversión en metano para cada clase de ganado.

Es así como se identificaron los parámetros necesarios para construir factores de emisión país específicos para cada categoría de ganado vacuno. Esto fue definido a partir de investigación nacional, de consulta de expertos y de revisión de las estadísticas de producción. Una vez identificados los datos faltantes, estos fueron determinados mediante un dictamen de expertos. La Tabla 19 presenta los parámetros construidos para las siete subcategorías de ganado vacuno.

Tabla 19. Parámetros determinados por dictamen de expertos para determinar los factores de emisión para fermentación entérica del ganado vacuno

Categoría	Peso corporal vivo promedio (kg/cabeza)	Ganancia peso (kg día)	Peso maduro de adulto (kg/cabeza)	Digestibilidad de dieta media (%)	Producción media de leche (kg/día)	Grasa media en la leche (%)	% de Preñez (%)
Vacas adultas lecheras en producción	520.00	0.00	520.00	65.23	5.98*	3.34	58.88
Vacas adultas para producción de carne	431.51	0.00	431.51	59.80	2.35	4.08	55.10
Toros y bueyes	472.45	0.00	401.58	53.72	0.00	0.00	0.00
Vaquillas lecheras jóvenes de reemplazo	300.00	0.40	520.00	56.00	0.00	0.00	0.00
Vaquillas jóvenes de reemplazo para carne	300.00	0.40	431.51	53.72	0.00	0.00	0.00
Machos jóvenes en crecimiento	300.00	0.40	401.58	53.72	0.00	0.00	0.00
Ternero/a previo al destete	80.00	0.50	401.58	63.25	0.00	0.00	0.00

(*) La producción de leche (kg/día) para vacas adultas lecheras en producción es un valor calculado a partir de la producción de leche cruda de vaca por departamento, obtenida del Anuario Estadístico de producción ganadera y avícola 2019. Dirección de estadística Agraria del MIDAGRI.

Fuente: MIDAGRI (2020). Dictamen de Expertos 2020.

Los parámetros requeridos para la caracterización de Nivel 2 del ganado vacuno, se utilizaron para obtener la Ingesta de Energía Bruta (GE), la cual posteriormente es utilizada para obtener los factores de emisión por subcategoría, agregando el factor de conversión en metano Y_m .

En la Tabla 20 se presentan los valores del factor de conversión de energía bruta en metano (Y_m).

Tabla 20. Energía bruta convertida en metano por sector (Y_m)

Clases de interés	%	Fuentes de información
Vacuno lechero	7.875	Alvarado, V. <i>et al</i> 2021
Otro ganado vacuno	7.00	Dictamen de expertos (MIDAGRI 2020)

Fuente: Varias fuentes

Asimismo, para el cálculo se aplicaron los coeficientes incluidos en la Tabla 21, la Tabla 22, la Tabla 23, y la Tabla 24.

Tabla 21. Coeficientes para calcular la energía neta para mantenimiento (NEm)

Categoría animal	MJ d kg
Vacunos/búfalos (vacas no en lactancia)	0.322
Vacunos/búfalos (vacas en lactancia)	0.386
Vacunos/búfalos (toros)	0.370

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, cuadro 10.4

Tabla 22. Coeficientes de actividad correspondientes a la situación alimentaria de los vacunos

Categoría animal	Coeficiente (sin dimensión)
Grandes superficies de pastoreo	0.36
Pastura	0.17
Compartimento	0

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, cuadro 10.5

Tabla 23. Coeficientes a utilizar en el cálculo de energía neta para crecimiento

Categoría animal	Coeficiente (sin dimensión)
C Coeficiente valor toro	1.2
C coeficiente valor macho castrado	1
C Coeficiente valor hembra	0.8

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, cuadro 10.6

Tabla 24. Coeficientes para utilizar en el cálculo de energía neta para preñez

Categoría animal	Coeficiente (sin dimensión)
Cp Coeficiente de preñez	0.1

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, cuadro 10.7

Por otro lado, La estimación de la ingesta diaria se realiza aplicando las ecuaciones 10.3, 10.5, 10.6, 10.8, 10.11, 10.13, 10.14, 10.15, 10.16 y 10.21 de las Directrices del IPCC de 2006.

Ecuación N°10.3. Energía neta para mantenimiento

$$NE_m = C_{fi} * (Peso)^{0.75}$$

Donde:

- NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento, MJ día⁻¹
- C_f = un coeficiente que varía para cada categoría de animales, como se indica en el cuadro 10.4 (Coeficientes para calcular NE_m), MJ día⁻¹ kg⁻¹
- Peso = peso vivo del animal, kg

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Ecuación 10.3. Pág. 10.15

Ecuación N°10.5. Energía neta para actividad

$$NE_a = C_a * (peso)$$

Donde:

- NE_a = energía neta para la actividad animal, MJ día⁻¹
- C_a = coeficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal (Cuadro 10.5, Coeficientes de actividad)
- NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Ecuación 10.5. Pág. 10.16

Ecuación N°10.6. Energía neta para crecimiento

$$NE_g = 22.02 * \left(\frac{BW}{C * MW} \right)^{0.75} * WG^{1.097}$$

Donde:

- NE_g = energía neta para el crecimiento, MJ día⁻¹
 - BW = peso corporal vivo promedio (BW) de los animales de la población, kg
 - C = coeficiente con un valor de 0,8 hembras, 1,0 para castrados y 1,2 para toros (NRC, 1996)
 - MW = peso corporal vivo y maduro de una hembra adulta en condición corporal moderada, kg
 - WG = aumento de peso diario promedio de los animales de la población, kg día⁻¹
- Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Ecuación 10.6. Pág. 10.17

Ecuación N° 10.8. Energía neta para lactancia

$$NE_l = Leche * (1.47 + 0.40 * Grasa)$$

Donde:

- NE_l = energía neta para lactancia, MJ día⁻¹
 - Leche = cantidad de leche producida, kg de leche día⁻¹
 - Grasa = contenido graso de la leche, % por peso
- Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Ecuación 10.8. Pág. 10.18

Ecuación N° 10.11. Energía neta para el trabajo

$$NE_{trabajo} = 0.10 * NE * Horas$$

Donde:

- NE_{trabajo} = energía neta para el trabajo, MJ día⁻¹
 - NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹
 - Horas = cantidad de horas de trabajo por día
- Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Ecuación 10.11. Pág. 10.19

Ecuación N° 10.13. Energía neta para preñez

$$NE = C_{preñez} * NE_m$$

Donde:

- NE_p = energía neta para la preñez, MJ día⁻¹
 - C_{preñez} = coeficiente de preñez (véase el Cuadro 10.7 del volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006)
 - NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹
- Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, ecuación 10.13, página 10.20

Ecuación N° 10.14. Relación entre la energía disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida

$$REM = \left[1123 - (4092 * 10^{-3} * DE\%) + [1126 * 10^{-5} * (DE\%)^2] - \left(\frac{25.4}{DE\%} \right) \right]$$

Donde:

- REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida
 - DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta
- Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, ecuación 10.14, página 10.20

Ecuación N° 10.15. Relación entre la energía disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida

$$REG = \left[1164 - (5610 * 10^{-3} * DE\%) + [1308 * 10^{-5} * (DE\%)^2] - \left(\frac{37.4}{DE\%} \right) \right]$$

Donde:

- REG = relación entre la energía neta disponible en la dieta para crecimiento y la energía digerible consumida
 - DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta
- Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, ecuación 10.15, página 10.21

Ecuación N° 10.16. Energía bruta para vacunos, búfalos y ovinos

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_{trabajo} + NE_p}{REM} \right) + \left(\frac{NE_g + NE_{lana}}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right]$$

Donde:

- GE = energía bruta, MJ día⁻¹
- NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento, MJ día⁻¹
- NE_a = energía neta para la actividad animal, MJ día⁻¹
- NE_l = energía neta para lactancia, MJ día⁻¹
- NE_{trabajo} = energía neta para el trabajo, MJ día⁻¹
- NE_p = energía neta requerida para la preñez, MJ día⁻¹
- REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida
- NE_g = energía neta para el crecimiento, MJ día⁻¹
- NE_{lana} = energía neta requerida para producir un año de lana, MJ día⁻¹
- REG = relación entre la energía neta disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida
- DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, ecuación 10.16, página 10.21

Ecuación N° 10.21. Factores de emisión de CH₄ por fermentación entérica de una categoría de ganado

$$EF = \left[\frac{GE * \left(\frac{Y_m}{100} \right) * 365}{55.65} \right]$$

Donde:

- EF = factor de emisión, kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹
- GE = ingesta de energía bruta, MJ cabeza⁻¹ día⁻¹
- Y_m = factor de conversión en metano, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en metano

El factor 55,65 (MJ/kg CH₄) es el contenido de energía del metano

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, ecuación 10.21, página 10.31

En la Tabla 25 se presentan los factores de emisión calculados para cada clase desagregada de ganado vacuno.

Tabla 25. Factores de Emisión de metano de la fermentación entérica de ganado vacuno

Categoría	Energía bruta MJ/día	Factor de emisión fermentación entérica kg CH ₄ /cabeza/año
Vacas adultas lecheras en producción	199.83	105.19
Vacas adultas para producción de carne	170.78	79.91
Toros y bueyes	205.08	95.96
Vaquillas lecheras jóvenes de reemplazo	163.90	76.69
Vaquillas jóvenes de reemplazo para carne	186.09	87.08
Machos jóvenes en crecimiento	205.02	89.81
Ternero/a previo al destete	61.94	27.86

Fuente: Elaboración propia

ii. Factor de emisión de metano procedente de la fermentación entérica de otras especies de ganado

Para las especies de ganado diferentes al vacuno se utilizaron factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006. Al respecto:

- Para las especies ovejas, cabras, caballos, mulas, asnos, cerdos y alpacas; se aplicaron factores de emisión propuestos en las Directrices del IPCC de 2006.
- Para la especie llamas; se aplicaron factores de emisión propuestos en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006, por considerarlos más adecuados a las circunstancias de Perú.
- Para cuyes, se calculó un factor de emisión aproximado basado en la fórmula para la caracterización del ganado sin métodos de estimación de emisiones específicas de las Directrices del IPCC de 2006, usando de base al factor de emisión de la especie conejos.

Caracterización del ganado sin métodos de estimación de emisiones específicas

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, un método para el desarrollo de factores de emisión aproximados para especies animales que no poseen factor de emisión es usar el factor de emisión de otra especie, y aplicar valores de peso vivo para estimar una aproximación.

En ese sentido, se estimó un factor de emisión de metano por fermentación entérica aproximado para cuyes a partir del factor de emisión por defecto para los conejos, que proporcionan las Directrices del IPCC de 2006.

Ecuación S/N. Estimación del Factor de Emisión (FE) para cuyes

$$FE \text{ aproximado} = \left[\frac{\text{peso de cuy}}{\text{peso de conejo}} \right]^{0.75} * FE \text{ de conejo}$$

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Pág. 10.24

El detalle sobre los factores de emisión utilizados se presenta en la Tabla 26.

Tabla 26. Factores de Emisión de metano de la fermentación entérica especies de ganado diferente al vacuno

Tipo de ganado	Fermentación entérica (kg de CH ₄ /cabeza/año)	Fuente de información
Ovinos	5.00	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.10
Caprinos	5.00	
Caballos	18.00	
Asnos/Mulas	10.00	
Porcinos	1.00	
Alpacas	8.00	
Llamas	8.00	Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006 *. Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.10
Cuyes	0.04	Valor estimado según fórmula para la caracterización del ganado sin métodos de estimación de emisiones específicas de las Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, página 10.25

*Se emplearon factores del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006, por considerarse más actualizadas y adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006; Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

B. Factores de conversión

Para expresar las emisiones de metano en CO₂eq se utilizó el Potencial de Calentamiento Atmosférico (GWP)⁴ proporcionado por el IPCC en su Quinto Informe de Evaluación. El valor utilizado se presenta en la Tabla 27.

Tabla 27. GWP utilizado para el metano

Gas	GWP
Metano	28

Fuente: IPCC 2013

6.1.4. Análisis de Incertidumbre

El análisis de incertidumbre de la subcategoría fermentación entérica se ha realizado aplicando el método 1 para la estimación de incertidumbre propuesto por las Directrices del IPCC de 2006.

Para datos de actividad, el valor de incertidumbres se ha determinado a través de juicio de expertos. En el caso de los factores de emisión de metano, la incertidumbre corresponde a valores estimados en base a los rangos de los resultados del juicio de expertos para la especie ganado vacuno; mientras que, para las demás especies, se aplicaron valores de incertidumbre por defecto.

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de las emisiones de la subcategoría fermentación entérica en el año 2019 varía desde 26.63%, para la clase ganado vacuno, hasta 50.99% para las demás especies, tal como se presenta en la Tabla 28.

Tabla 28. Incertidumbre de las emisiones de metano para la categoría fermentación entérica

Código	Fuente	Gas	Estimaciones de GEI año t	Incertidumbre datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada GgCO ₂ eq	Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{(E^2+F^2)}$ %
3A1	Fermentación entérica					
3A1a	Ganado vacuno	CH ₄	11,920.90	10.00	24.68	26.63
3A1c	Ovino	CH ₄	1,592.03	50.00	10.00	50.99
3A1d	Caprino	CH ₄	252.26	50.00	10.00	50.99
3A1e	Llama y alpaca	CH ₄	1,243.64	50.00	10.00	50.99
3A1f	Caballos	CH ₄	241.03	50.00	ND	50.00
3A1g	Mulas y asnos	CH ₄	151.50	50.00	ND	50.00
3A1h	Porcinos	CH ₄	26.34	50.00	10.00	50.99
3A1j	Otros: cuyes	CH ₄	4.74	50.00	ND	50.00

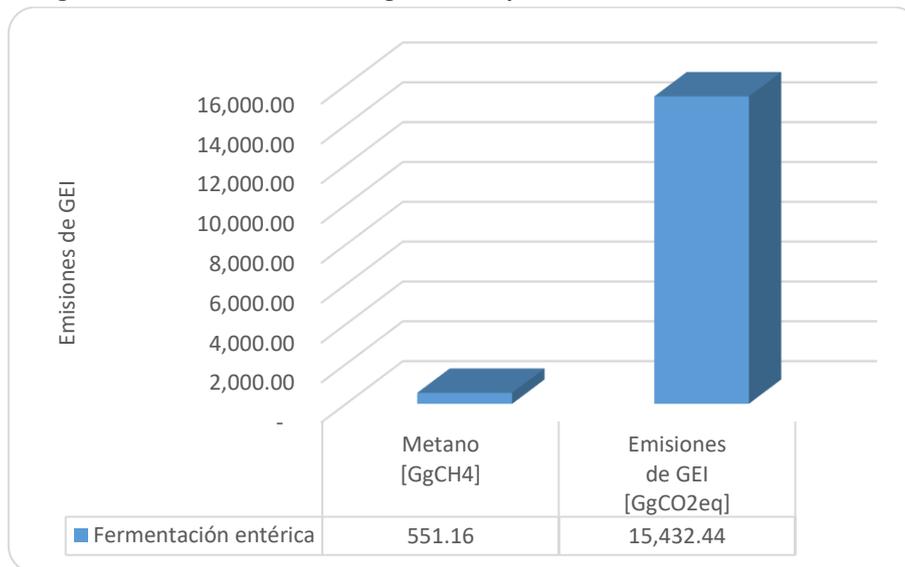
Fuente: Elaboración propia

⁴ El Potencial de calentamiento atmosférico compara el forzamiento radiativo de una tonelada de un gas de efecto invernadero en un período de tiempo dado (p. ej. 100 años) con una tonelada de CO₂. Directrices del IPCC de 2006, Capítulo 1. Pág. 1.5.

6.1.5. Análisis de resultados

En el año 2019, las emisiones de metano generadas por la fermentación entérica fueron de 551.16 GgCH₄ que equivalen a 15,432.44 GgCO₂eq (Figura 7) representando el 54.19% de las emisiones del sector. Cabe resaltar que el 85.67% de las emisiones de gas metano de esta subcategoría son producidas por el ganado vacuno.

Figura 7. Emisiones de metano generados por la fermentación entérica, 2019



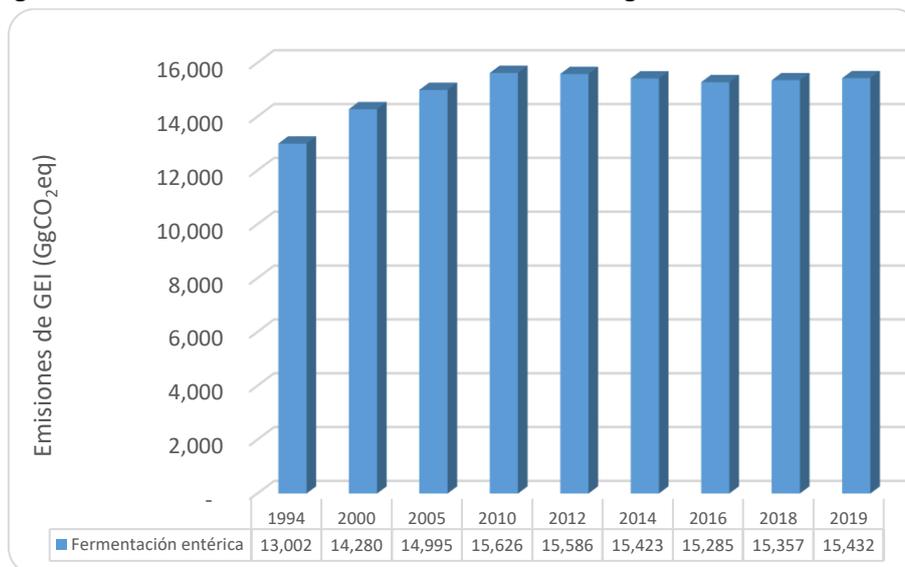
Fuente: Elaboración propia

6.1.6. Actualización de la serie temporal

El RAGEI 2019 presenta una serie temporal de las emisiones de GEI para los años 1994, 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 y 2019, estimadas con la misma metodología y fuentes de información.

En la Figura 8 se aprecia que las emisiones del año 2019 aumentaron en 18.70% respecto al año 1994, y en 0.49% respecto al año 2018. Respecto a la evolución de las emisiones a lo largo de los años, se observa que las emisiones siguen un comportamiento creciente entre 1994 y 2010, para luego disminuir hasta el 2016 y luego incrementarse hacia el 2019. Al respecto, especialistas del sector afirman que desde el 2017, el incremento en las poblaciones de ganado vacuno se debe a las actividades que ha realizado la Dirección General de Desarrollo Ganadero (DGDG), a través de los Programas Presupuestales 121 y 068; a través del cual brindan apoyo a los productores ganaderos para la mejora de la calidad de sus pastos, lo que tiene impacto en el incremento de la población del ganado.

Figura 8. Evolución de las emisiones de GEI de la subcategoría fermentación entérica



Fuente: Elaboración propia

6.2. Manejo del estiércol (3A2)

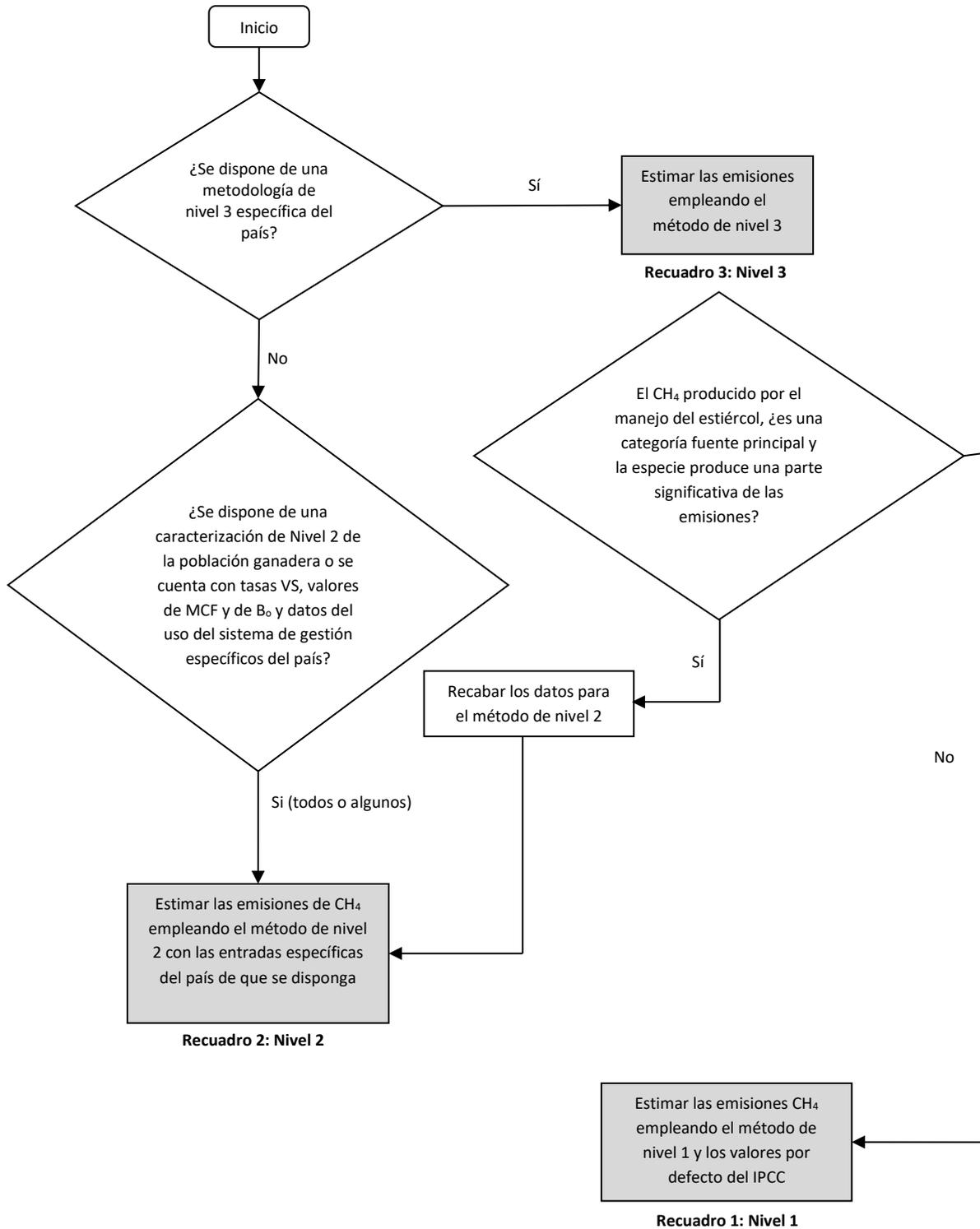
6.2.1. Método de cálculo

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 Figura 9 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 9. Árbol de decisión para emisiones de metano (CH₄) por manejo del estiércol



Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4. Capítulo 10. Página 10.36

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

- No es una categoría principal.
- No se dispone de datos suficientes para utilizar el método nivel 2 específico del país.
- Se dispone de información para realizar una “caracterización básica” del ganado.

Por lo anterior, y al no ser una categoría principal, se emplea un método de cálculo nivel 1.

La estimación de la categoría se realiza utilizando la ecuación N° 10.22 de las Directrices del IPCC de 2006:

Ecuación N° 10.22. Emisiones de CH₄ de la gestión del estiércol

$$CH_{4\text{Estiercol}} = \sum_{(T)} \frac{(EF_T * N_T)}{10^6}$$

Donde:

CH₄ Estiercol = emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol, para una población definida, GgCH₄ año⁻¹

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

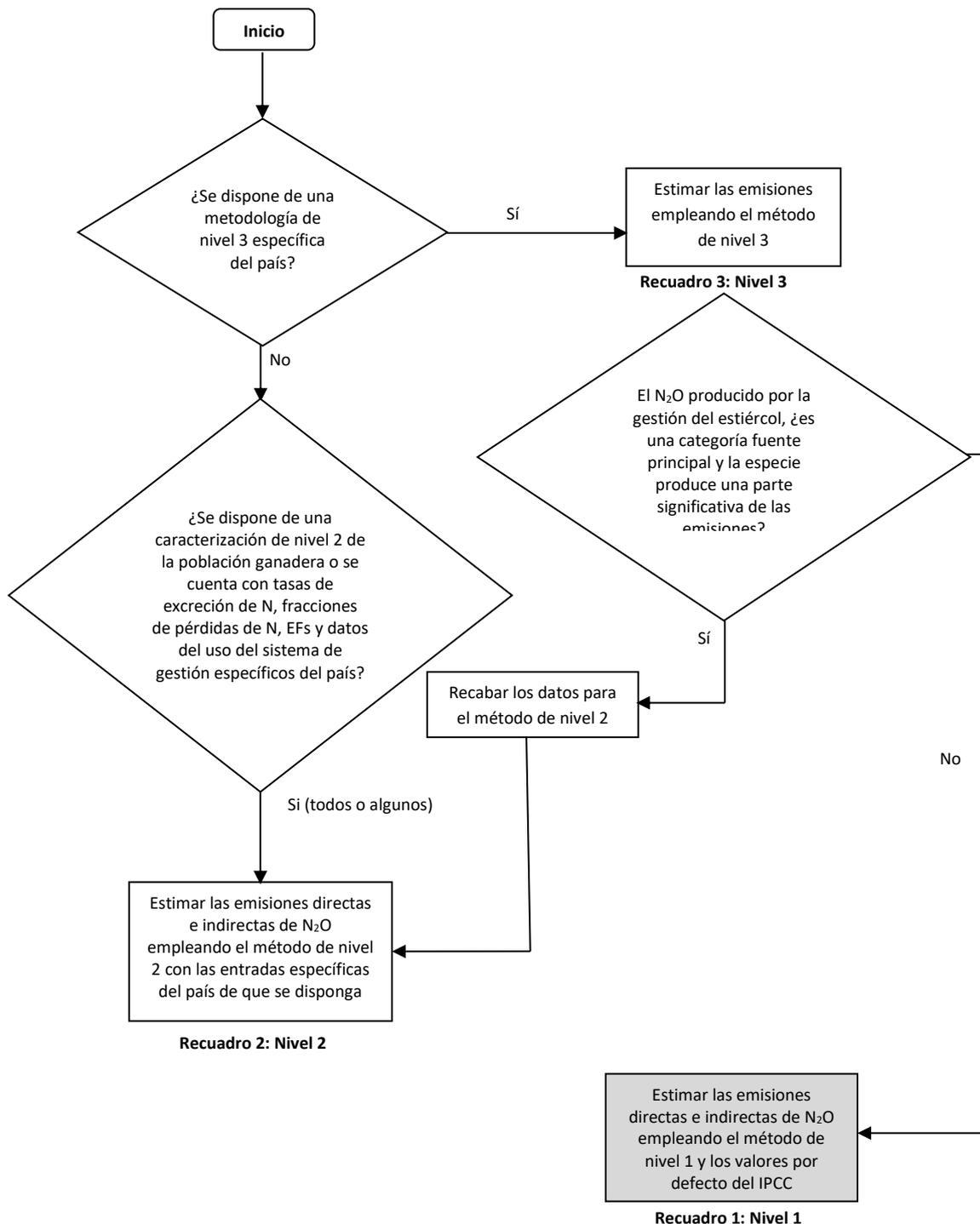
N_(T) = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país

T = especie/categoría de ganado

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Ecuación 10.22. Pág. 10.37

La Figura 10 presenta el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones de óxido nítrico procedentes del manejo del estiércol.

Figura 10. Árbol de decisión de emisiones de óxido nitroso (N₂O) por manejo de estiércol



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Página 10.55

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

- No se dispone de datos específico del país.
- No es una categoría principal.

Por lo anterior, para estimar las emisiones directas de N₂O del manejo de estiércol del ganado se aplicó el método del nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

Para estimar las emisiones directas de N₂O procedentes del manejo de estiércol se aplica la Ecuación N° 10.25:

Ecuación N° 10.25. Emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol

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

Donde:

- N₂O_{D(mm)} = emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol del país, kg N₂O año⁻¹
- N_(T) = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país
- N_{ex(T)} = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal⁻¹ año⁻¹
- MS_(T, S) = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión
- EF_{3(S)} = factor de emisión para emisiones directas de N₂O del sistema de gestión del =estiércol S en el país, kg N₂O-N/kg N en el sistema de gestión del estiércol S
- S = sistema de gestión del estiércol
- T = especie/categoría de ganado
- 44/28 = conversión de emisiones de (N₂O-N)_(mm) a emisiones de N₂O_(mm)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Ecuación 10.25. Pág. 10.54

6.2.2. Datos de actividad

La Tabla 29 presenta la información utilizada para estimar las emisiones de metano y de óxido nitroso provenientes del manejo de estiércol.

Tabla 29. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) provenientes del manejo de estiércol

Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
Población media anual de animales vivos y por departamento climática (fría, templada, cálida).	Población Anual de animales vivos por departamento	cabezas	MIDAGRI (2020). Anuario Estadístico de producción ganadera y avícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/5-ganadera-avicola Propuesta de cálculo para la población de equinos y burros, burras, mulas y cuyes y la superficie de pastos naturales. Orden de servicio N° 2019- 1187. Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios. MIDAGRI.	Las cabezas de ganado sirven para que, una vez multiplicados por su respectivo factor de emisión, se determinen las emisiones de GEI por cada tipo de ganado.
	Población Anual de vacas en ordeño por departamento	cabezas	MIDAGRI (2020). Anuario Estadístico de producción ganadera y avícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/5-ganadera-avicola	
Temperatura anual promedio por departamento	Temperatura promedio anual por departamento	°C	Instituto Nacional de Estadística e Informática (sf) - Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2021. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1827/libro.pdf	Sirven para determinar de forma conjunta un único factor de emisión de metano por tipo de ganado el cual se deberá multiplicar por su población total.
Sistemas de manejo de estiércol del ganado.	Sistemas de manejo de estiércol del ganado por especie.	%	MIDAGRI (2020). Dictamen de Expertos 2020	Se utiliza para determinar el nitrógeno total excretado por cada sistema de manejo de estiércol y el factor de emisión de N ₂ O a utilizar.

Fuente: Elaboración propia.

La información utilizada se detalla a continuación:

a) Temperatura promedio anual

Los datos de temperatura están basados en las estadísticas meteorológicas nacionales. La Tabla 30 presenta los datos de temperatura promedio anual por departamento.

Tabla 30. Temperatura promedio anual, 2019

Departamento	Temperatura (°C)
Amazonas	15.0
Ancash	12.5
Apurímac	14.6
Arequipa	17.0
Ayacucho	17.0
Cajamarca	15.0
Cusco	12.9
Huancavelica	10.7
Huánuco	20.4
Ica	22.1
Junín	12.3
La Libertad	20.6
Lambayeque	21.5
Lima	19.6
Loreto	27.4
Madre de Dios	26.6
Moquegua	20.0
Pasco	5.5
Piura	25.4
Puno	10.7
San Martín	23.0
Tacna	18.2
Tumbes	26.3
Ucayali	25.7

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (sf)

b) Población media anual de animales vivos y por región climática

Los datos de la población animal han sido obtenidos empleando el método descrito en la Sección 6.1.2. La población promedio anual del ganado se calcula aplicando la Ecuación 10.1. Para estimar las emisiones por el manejo del estiércol, se realizó un ajuste en los números de la población, estimando la población media anual como el número de animales criados dividido entre la cantidad de ciclos de cría por año. Este ajuste fue aplicado a las especies de ganado porcino, cuyes y aves.

Asimismo, la población media anual del ganado según tipo fue agrupada en tres regiones climáticas definidas por las Directrices del IPCC de 2006, tomando como base la temperatura promedio anual según departamento reportada por el INEI, tal como se presenta en la Tabla 31.

Tabla 31. Población animal media anual según especie y por región climática, 2019

Departamento	Región Climática	Ganado vacuno lechero	Otro ganado vacuno	Ovino	Caprino	Caballos	Asnos/ Mulas	Porcino	Alpaca	Llama	Ave	Cuyes
Áncash	Fría (< 15°C)	14,847.00	291,218.00	671,829.00	169,697.00	37,856.28	74,674.60	49,329.00	10,200.00	0.00	824,473.85	532,565.19
Apurímac		31,825.00	264,742.00	456,405.00	109,518.00	77,426.97	9,867.79	38,270.77	215,340.00	72,611.00	96,994.11	337,616.68
Cusco		80,570.00	358,598.00	1,443,471.00	34,907.00	58,571.87	39,727.49	36,746.55	669,365.00	150,801.00	376,177.95	551,387.81
Huancavelica		12,120.00	169,890.00	625,574.00	181,228.00	18,583.96	14,725.93	45,321.16	270,053.00	131,322.00	121,824.85	95,119.27
Junín		40,669.00	285,837.00	1,614,094.00	12,015.00	9,245.91	26,919.99	49,451.84	100,532.00	67,302.00	1,115,565.14	266,607.93
Pasco		29,614.00	89,928.00	691,923.00	6,345.00	9,107.87	8,494.05	15,409.68	130,777.50	43,880.00	43,807.82	23,324.70
Puno		95,949.00	637,311.00	2,852,165.00	0.00	8,117.62	53,525.79	34,451.51	2,035,280.00	369,690.00	531,964.63	29,250.74
Sub-total			305,594.00	2,097,524.00	8,355,461.00	513,710.00	218,910.48	227,935.65	268,980.51	3,431,547.50	835,606.00	3,110,808.34
Amazonas	Templada (15°C - 25°C)	79,623.00	168,232.00	23,047.00	13,975.00	25,615.08	9,408.72	25,340.96	0.00	0.00	477,853.93	94,608.65
Arequipa		75,737.00	137,007.00	188,221.00	16,611.00	7,099.01	16,670.76	30,815.34	430,134.00	88,209.00	5,369,420.48	133,709.43
Ayacucho		33,695.00	419,731.00	617,461.00	192,115.00	31,550.38	34,774.38	34,075.81	309,833.00	79,754.00	208,090.20	185,053.88
Cajamarca		164,222.00	491,618.00	480,072.00	107,350.00	37,064.52	72,778.52	82,921.81	1,190.00	0.00	272,593.33	781,635.38
Huánuco		34,916.00	257,950.00	529,832.00	102,260.00	37,791.71	33,805.81	116,715.41	6,760.00	3,512.00	551,588.66	181,428.89
Ica		12,537.00	37,993.00	26,695.00	75,880.00	2,472.97	2,931.03	29,563.11	0.00	0.00	5,469,861.09	17,050.80
La Libertad		48,823.00	186,634.00	360,982.00	82,812.00	38,999.22	49,061.71	32,927.42	7,710.00	0.00	7,817,201.79	205,594.69
Lambayeque		17,837.00	95,765.00	68,325.00	106,151.00	6,265.08	10,753.67	21,123.12	0.00	0.00	779,569.70	74,438.62
Lima		71,092.00	179,759.00	315,962.00	169,383.00	11,378.62	21,480.90	133,738.21	46,747.50	21,780.00	21,569,446.14	249,020.71
Moquegua		5,671.00	18,050.00	49,291.00	8,333.00	583.35	5,301.48	3,804.45	144,970.00	38,655.00	18,799.52	43,872.18
San Martín		19,732.00	192,111.00	9,269.00	0.00	22,871.14	13,088.07	48,987.82	0.00	0.00	1,420,741.20	100,453.50
Tacna		5,692.00	13,192.00	36,005.00	17,080.00	615.35	1,257.41	10,422.90	77,057.00	28,405.00	371,092.11	31,546.98
Sub-total			569,577.00	2,198,042.00	2,705,162.00	891,950.00	222,306.44	271,312.47	570,436.38	1,024,401.50	260,315.00	44,326,258.14
Loreto	Cálida (>25°C)	1,228.00	44,962.00	11,303.00	291.00	4,092.93	616.81	27,452.47	0.00	0.00	1,310,062.22	4,586.34
Madre de Dios		1,354.00	55,526.00	8,287.00	220.00	501.01	21.49	3,082.40	0.00	0.00	152,361.47	630.69
Piura		24,072.00	234,109.00	274,350.00	330,221.00	27,998.47	38,789.44	48,323.01	100.00	0.00	1,834,492.19	27,902.26
Tumbes		362.00	21,838.00	7,515.00	65,320.00	2,165.55	2,202.89	8,633.01	0.00	0.00	49,233.11	634.08
Ucayali		3,631.00	42,074.00	9,561.00	170.00	2,266.84	187.47	13,644.25	0.00	0.00	1,879,685.38	3,183.49
Sub-total			30,647.00	398,509.00	311,016.00	396,222.00	37,024.80	41,818.09	101,135.14	100.00	0.00	5,225,834.36
TOTAL		905,818.00	4,694,075.00	11,371,639.00	1,801,882.00	478,241.72	541,066.21	940,552.03	4,456,049.00	1,095,921.00	52,662,900.84	3,971,222.85

Fuente: Elaboración propia

a) Sistemas de manejo del estiércol (SME)

Los datos sobre el uso del sistema de manejo del estiércol para estimar las emisiones de N₂O han sido recopilados a través de un dictamen de expertos. Se ha determinado cuál es la porción de estiércol que se gestiona en cada sistema de gestión del estiércol para cada una de las categorías de ganado. La Tabla 32 presenta el porcentaje de participación de cada SME según especie animal.

Tabla 32. Sistemas de manejo de estiércol

Ganado	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
Ganado vacuno lechero*	79.00%	0.00%	21.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Otro ganado vacuno*	91.00%	0.00%	9.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Ovino**	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Caprino**	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Caballos**	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Asnos/ Mulas**	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Porcino**	67.00%	0.00%	33.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Alpaca*	89.00%	0.00%	11.00%	24.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Llama*	89.00%	0.00%	11.00%	24.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Ave*	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	90.00%	10.00%
Cuyes**	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Dictamen de Expertos (MIDAGRI 2020) */ Dictamen de Expertos (MIDAGRI 2018) **

6.2.3. Factores de emisión y conversión

A. Factores de emisión

Para las emisiones de metano y óxido nitroso por manejo del estiércol se aplicaron factores de emisión según la temperatura anual, propuestos en las Directrices del IPCC de 2006 (Tabla 33).

Tabla 33. Factores de emisión de las emisiones de metano y óxido nitroso provenientes del manejo del estiércol

Fuente de emisión	Factor de emisión	Fuente de información
Manejo del estiércol	Factores de emisión de metano por gestión del estiércol por temperatura.	Directrices del IPCC de 2006.
	Factores de emisión de N ₂ O para un sistema de manejo del estiércol	Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*

*Se emplearon factores del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006, por considerarse más actualizadas y adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Elaboración propia.

Se estimaron los porcentajes de población animal de las diferentes zonas de temperaturas para calcular un factor de emisión promedio ponderado. En la Tabla 34 se presentan los porcentajes de la población animal de cada zona de temperatura.

Tabla 34. Participación de la población del ganado por tipo según región climática

Región Climática	Fría (< 15°C)	Templada (15°C - 25°C)	Cálida (>25°C)
Ganado vacuno lechero	33.74%	62.88%	3.38%
Otro ganado vacuno	44.68%	46.83%	8.49%
Ovino	73.48%	23.79%	2.74%
Caprino	28.51%	49.50%	21.99%
Caballos	45.77%	46.48%	7.74%
Asnos/Mulas	42.13%	50.14%	7.73%
Porcino	28.60%	60.65%	10.75%
Alpaca	77.01%	22.99%	0.00%
Llama	76.25%	23.75%	0.00%
Ave	5.91%	84.17%	9.92%
Cuyes	46.23%	52.84%	0.93%

Fuente: Elaboración propia

Las Directrices del IPCC de 2006 no proporcionan factores de emisión por defecto para llamas, alpacas y cuyes. Por ello, se utiliza la fórmula de caracterización de ganado sin métodos de estimación de emisiones específicas (Ecuación S/N. Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4, Capítulo 10. Pág. 10.25). En ese sentido, se estimaron factores de emisión de metano del manejo del estiércol para llamas, alpacas y cuyes aproximados a partir de los factores de emisión que proporcionan las Directrices del IPCC de 2006 de las ovejas y los conejos respectivamente.

La Tabla 35 presenta los factores de emisión ponderados utilizados para las emisiones de metano por el manejo del estiércol.

Tabla 35. Factores de emisión ponderados para emisiones de metano provenientes del manejo del estiércol

Ganado	Región Climática			Factor de emisión (kg CH ₄ /cabeza/año)	Fuente de información
	Frío (< 15°C)	Templado (15 a 25°C)	Cálido (> 25°C)		
Ganado vacuno lechero	1.00	1.00	2.00	1.03	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Cuadros 10.14 - 10.16
Otro ganado vacuno	1.00	1.00	1.00	1.00	
Ovinos	0.10	0.15	0.20	0.11	
Caprinos	0.11	0.17	0.22	0.16	
Caballos	1.09	1.64	2.19	1.43	
Asnos/Mulas	0.60	0.90	1.20	0.80	
Porcinos	1.00	1.00	2.00	1.11	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Página 10.25
Alpacas	0.17	0.26	0.34	0.19	
Llamas	0.28	0.42	0.56	0.31	
Cuyes	0.04	0.04	0.04	0.04	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Cuadros 10.14 - 10.16
Aves	0.01	0.02	0.02	0.02	

Fuente: Directrices del IPCC de 2006

Por otro lado, para la estimación de las emisiones de óxido nitroso, se emplean las siguientes variables:

a) Tasas anuales promedio de excreción de nitrógeno, $N_{ex(T)}$

Las tasas de excreción de N por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 se aplican a subcategorías de ganado de diversas edades y etapas de crecimiento empleando el promedio típico de masa animal (TAM) para cada especie de ganado.

Ecuación N° 10.30. Tasas de excreción anual de N

$$N_{ex_T} = N_{indice(T)} * \frac{TAM}{1000} * 365$$

Donde:

- $N_{ex(T)}$ = excreción anual de N para la categoría de ganado T, kg N animal⁻¹ año⁻¹
 - $N_{indice(T)}$ = tasa de excreción de N por defecto, kg N (1000 kg masa animal)⁻¹ día⁻¹ (véase el Cuadro 10.19 del volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006)
 - $TAM_{(T)}$ = masa animal típica para la categoría de ganado T, kg animal⁻¹
- Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Ecuación 10.30. Pág. 10.57

Los valores de la masa típica animal (TAM) específicos del país y por defecto se presentan en la Tabla 36.

Tabla 36. Masa animal típica (kg/animal) o peso vivo

Tipo de ganado	TAM (kg/animal)	Fuente de información
Vacuno lechero	520.00	Dictamen de expertos (MIDAGRI 2020)
Otro ganado vacuno	306.21	Dictamen de expertos (MIDAGRI 2020)
Ovino	25.61	Acta N° 03-2017 (Grupo técnico de trabajo INFOCARBONO)
Caprino	30.00	Directrices del IPCC de 2006 -Volumen 4-Capítulo 10-Anexo 10A.2-Tabla 10A-9
Caballos	238.00	
Asnos/Mulas	130.00	
Porcino	28.00	
Alpaca	52.00	Acta N° 03-2017 (Grupo Técnico de Trabajo INFOCARBONO)
Llama	100.10	
Ave	3.92	Dictamen de expertos (MIDAGRI 2020)
Cuyes	0.69	FAO-Zaldívar (1997)
Conejos	1.60	Dictamen de expertos (MIDAGRI 2020)

Fuente: Elaboración propia

Las Directrices del IPCC de 2006 no proporcionan tasas de excreción de nitrógeno por defecto para llamas, alpacas y cuyes. Por ello, se utiliza la fórmula de “caracterización de ganado sin métodos de estimación de emisiones específicas para estimarlos” (Ecuación s/n. Capítulo 10. Pág. 10.25. Directrices del IPCC de 2006). En ese sentido, se estimaron tasas aproximadas de excreción de N del manejo de estiércol para camélidos (llamas, alpacas) y cuyes a partir de las tasas de excreción de N por defecto que proporcionan las Directrices del IPCC de 2006 de las ovejas y los conejos, respectivamente. La Tabla 37 presenta los valores de N_{ex} y N_{indice} por tipo de ganado.

Tabla 37. Tasas de excreción anual de nitrógeno por defecto [(1000 kg animal)⁻¹ día⁻¹]

Ganado	N _{índice(T)}	N _{ex(T)}	Fuente de información
Vacuno lechero	0.48	91.10	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Cuadro 10.23
Otro ganado vacuno	0.36	40.24	
Ovinos	1.17	10.94	
Caprinos	1.37	15.00	
Caballos	0.46	39.96	
Asnos/Mulas	0.46	21.83	
Porcinos	1.64	16.76	
Alpacas	1.99	37.77	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Página 10.25
Llamas	3.25	118.83	
Aves	0.82	1.17	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Cuadro 10.23
Cuyes	4.32	1.09	

Fuente: Directrices del IPCC de 2006

La Tabla 38 presenta los factores de emisión utilizados para emisiones de óxido nitroso por manejo del estiércol. Cabe destacar que la elección del valor depende del SME propio de cada una de las especies de ganado.

Tabla 38. Factores de Emisión de las emisiones directas de óxido nitroso del manejo del estiércol

Sistema de Manejo de Estiércol (SME)	Factor de Emisión (kg de N ₂ O-N/kg de N _{ex})	Fuente de información
Praderas y pastizales	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 el Capítulo de Emisiones de N ₂ O de suelos gestionados.	Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*. Volumen 4. Capítulo 10. Cuadros 10.21
Distribución diaria	0.000	
Almacenaje de sólidos	0.010	
Quema como combustible	Las emisiones relacionadas con la quema del estiércol se deben declarar bajo la categoría «Quema de combustible» del IPCC si el estiércol se emplea como combustible y bajo la categoría «Incineración de desechos» del IPCC si el estiércol se quema sin recuperación de energía. Las emisiones directas e indirectas de N ₂ O relacionadas con la orina depositada en suelos agrícolas y en sistemas de pasturas, prados y praderas se tratan en el Capítulo de Emisiones de N ₂ O de suelos gestionados.	
Parcelas secas	0.020	
Estiércol de aves de corral con cama	0.001	
Estiércol de aves de corral sin cama	0.001	

*Se han aplicado factores de emisión del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006 porque se considera que representan mejor a las circunstancias nacionales.

Fuente: Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006

B. Factores de conversión

Para expresar las emisiones de metano y óxido nítrico en CO₂eq se utilizó el GWP proporcionado por el IPCC en el Quinto Informe de Evaluación basados en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de 100 años. El valor utilizado se presenta en la Tabla 39.

Tabla 39. GWP utilizado para el metano y óxido nítrico

Gas	GWP
Metano	28
Óxido nítrico	265

Fuente: IPCC 2013

6.2.4. Análisis de Incertidumbre

El análisis de incertidumbre de la subcategoría manejo de estiércol se ha realizado aplicando el método 1 para la estimación de incertidumbre propuesta por las Directrices del IPCC de 2006. Para datos de actividad, el valor de incertidumbres se ha determinado a través de juicio de expertos. En el caso de los factores de emisión de metano y óxido nítrico, la incertidumbre corresponde a valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

Los resultados obtenidos indican que la incertidumbre combinada de las emisiones de la subcategoría en el año 2019 varía desde 22.36%, para la clase ganado vacuno, y hasta 31.62% para las demás especies, tal como se presenta en la Tabla 40.

Tabla 40. Incertidumbre de las emisiones de metano y óxido nítrico para la categoría manejo de estiércol

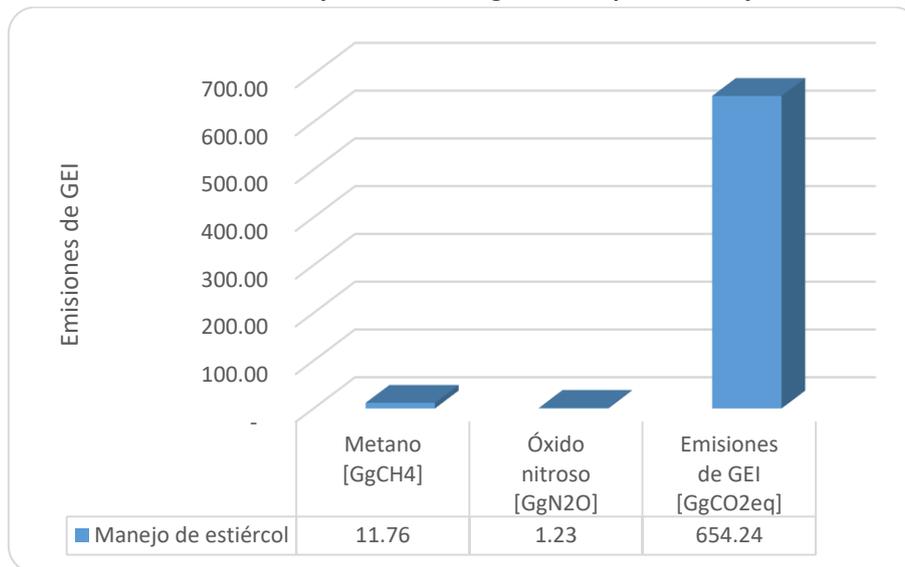
Código	Fuente	Gas	Estimaciones de GEI año t	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada GgCO ₂ eq	Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2+F^2}$ %
3A2	Manejo de estiércol					
3A2a	Ganado vacuno	CH ₄	157.66	8.50	25.50	26.88
3A2c	Ovino	CH ₄	36.50	10.00	30.00	31.62
3A2d	Caprino	CH ₄	8.27	10.00	30.00	31.62
3A2e	Llama y alpaca	CH ₄	33.21	10.00	30.00	31.62
3A2f	Caballos	CH ₄	19.16	ND	30.00	30.00
3A2g	Mulas y asnos	CH ₄	12.07	ND	30.00	30.00
3A2h	Porcinos	CH ₄	29.17	10.00	30.00	31.62
3A2i	Aves	CH ₄	28.62	5.00	30.00	30.41
3A2j	Otros: cuyes	CH ₄	4.74	ND	30.00	30.00
3A2a	Ganado vacuno	N ₂ O	142.95	7.07	21.21	22.36
3A2e	Llama y alpaca	N ₂ O	136.76	10.00	30.00	31.62
3A2h	Porcinos	N ₂ O	19.42	10.00	30.00	31.62
3A2i	Aves	N ₂ O	25.72	5.00	30.00	30.41

Fuente: Elaboración propia

6.2.5. Análisis de resultados

En el año 2019, las emisiones de metano generadas por el manejo de estiércol fueron de 11.76 Gg de CH₄, que equivalen a 329.39 GgCO₂eq, mientras que las emisiones de óxido nitroso resultaron en 1.23 Gg de N₂O, que equivalen a 324.85 GgCO₂eq, las cuales, en conjunto alcanzan un total de 656.48 GgCO₂eq (Figura 11), representando el 2.30% de las emisiones del sector.

Figura 11. Emisiones de metano y óxido nitroso generados por el manejo de estiércol, 2019



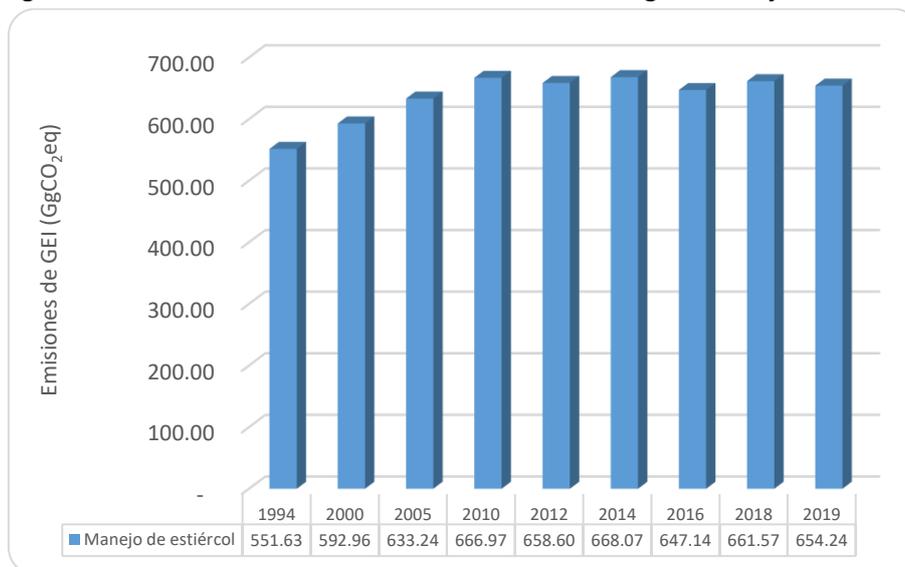
Fuente: Elaboración propia

6.2.6. Actualización de la serie temporal

El RAGEI 2019 presenta una serie temporal de las emisiones de GEI para los años 1994, 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 y 2019, estimadas con la misma metodología y fuentes de información.

En la Figura 12 se aprecia que el valor de las emisiones del año 2019 se incrementó en 18.65% respecto a 1994 y disminuyó en 1.10% respecto al 2018. Respecto a la evolución de las emisiones a lo largo de los años, se observa que presentan un comportamiento creciente entre 1994 y 2010, para disminuir hasta el 2016 y luego incrementarse hacia el 2019.

Figura 12. Evolución de las emisiones de GEI de la subcategoría manejo de estiércol



Fuente: Elaboración propia

6.3. Emisiones por quemado de biomasa (3C1b y 3C1c)

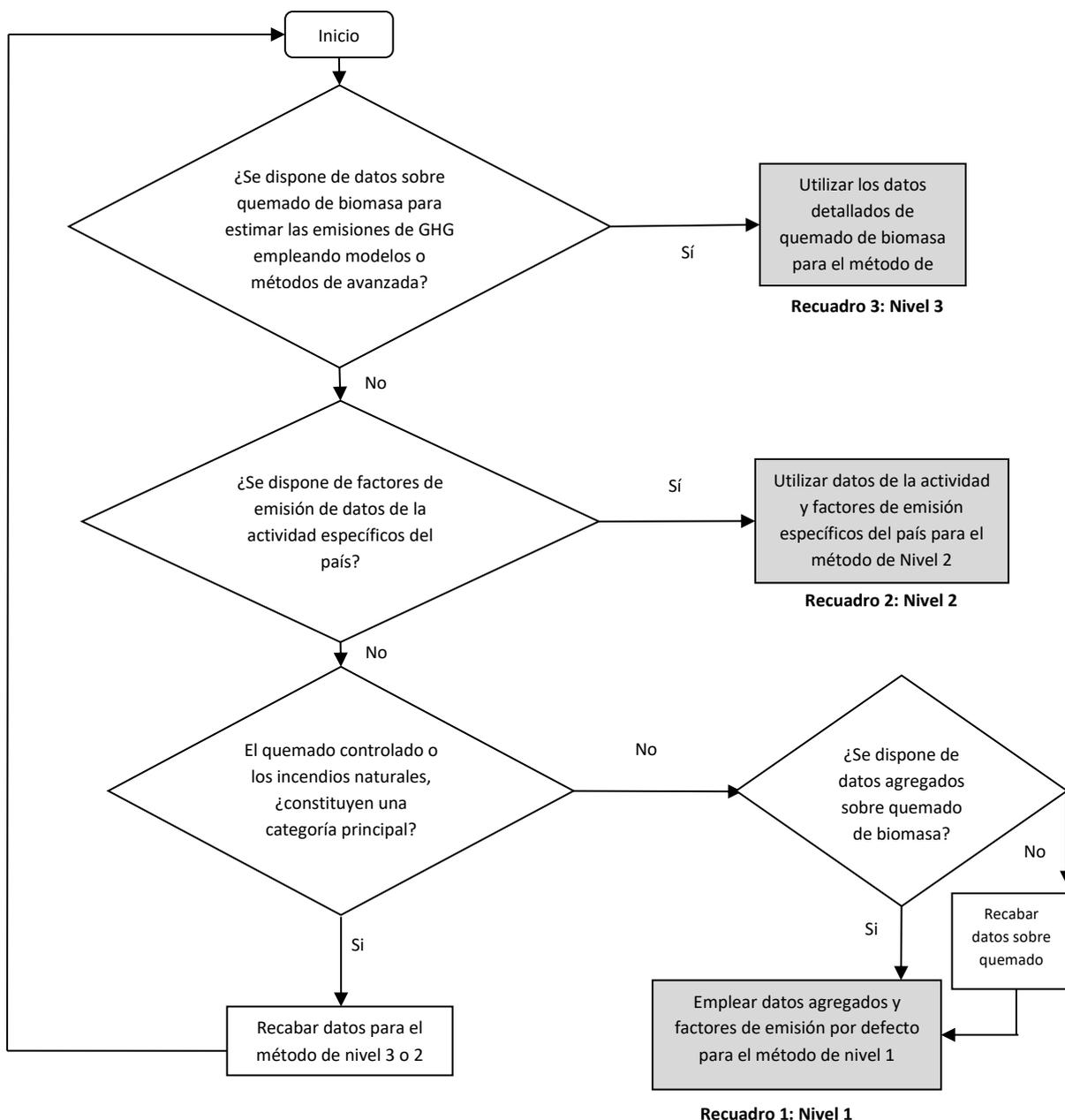
6.3.1. Método de cálculo

Según las Directrices del IPCC de 2006, la metodología de cálculo establece tres niveles de cálculo para estimar las emisiones de 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 del país que incluye la modelización de los procesos y/o las mediciones detalladas.

La Figura 13 presenta el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 para estimar las emisiones de metano y óxido nítrico procedentes de la quema de biomasa en tierras de cultivo y pastizales.

Figura 13. Árbol de decisión para estimar las emisiones de GEI provocadas por incendios en una categoría de uso de la tierra



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 2. Pág. 2.14

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

- No es una categoría principal.
- 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 tierras de cultivo y pastizales se realizan aplicando el método de cálculo de nivel 1.

La estimación de la categoría se realiza utilizando la ecuación N° 2.27 de las Directrices del IPCC de 2006:

Ecuación N° 2.27. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero a causa del fuego

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

Donde:

- L_{fuego} = cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por el fuego, ton de cada gas de efecto invernadero (GEI) (p. ej., CH₄, N₂O, etc)
- A = superficie quemada, ha
- M_B = masa de combustible disponible para la combustión, ton ha⁻¹. Incluye biomasa, hojarasca molida y madera muerta. Cuando se aplican métodos de nivel 1, entonces se supone que los depósitos de hojarasca y de madera muerta equivalen a cero, a excepción de los casos en los que hay un cambio en el uso de la tierra
- C_f = factor de combustión, sin dimensión
- G_{ef} = Factor de emisión, g kg⁻¹ de materia seca quemada.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 2. Ecuación 2.27. Pág. 2.42

6.3.2. Datos de actividad

La Tabla 41 presenta la información utilizada para estimar las emisiones de metano y óxido nítrico provenientes de la quema de tierras de cultivo y pastizales.

Tabla 41. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) provenientes de la quema de tierras de cultivo y pastizales

Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
Área quemada anual de cultivos	Superficie anual de cultivos que se queman	hectáreas	MIDAGRI (2020). Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/4-agricola	El área quemada se calcula con el porcentaje de quema y la superficie anual.
Total de producción anual de cosecha del cultivo.	Producción Anual de cultivos que se queman.	toneladas	MIDAGRI (2020). Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/4-agricola	Las Directrices del IPCC de 2006 solo proporcionan valores por defecto de masa de combustible disponible para combustión para caña de azúcar, arroz, maíz y trigo. Para otros cultivos se calcula con la siguiente fórmula: $MB = AGR_{(T)} \times Frac_{Brunt(T)}$ (Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006).
Área quemada anual de pastizales.	Superficies de permanencia y conversión del uso de pastizales.	hectáreas	Reporte anual de Gases de efecto Invernadero del sector UTCUTS del año 2019	El área quemada se calcula con el porcentaje de quema y la superficie de permanencia anual.

Fuente: Elaboración propia.

La información utilizada se detalla a continuación:

a) Superficie quemada de en tierras de cultivos

La superficie quemada en tierras de cultivo se obtiene de datos provistos por la Dirección General de Desarrollo Agrícola y Agroecología. La Tabla 42 presenta la superficie total de cultivos que se someten al manejo con fuego, así como el valor estimado de superficie que quemada.

Tabla 42. Superficie quemada de cultivos, 2019

Departamento	Caña de azúcar (ha)		Arroz cáscara (ha)		Algodón (ha)	
	Superficie total	Superficie quemada	Superficie total del cultivo	Superficie quemada	Superficie total del cultivo	Superficie quemada
Total	86,472.62	82,148.99	414,401.30	82,880.26	18,874.21	7,549.68
Amazonas	-	-	52,156.00	10,431.20	-	-
Ancash	7,100.76	6,745.72	5,520.00	1,104.00	507.00	202.80
Apurímac	-	-	-	-	-	-
Arequipa	605.27	575.01	20,147.00	4,029.40	443.00	177.20
Ayacucho	-	-	32.00	6.40	-	-
Cajamarca	-	-	22,944.00	4,588.80	-	-
Cusco	-	-	1,029.00	205.80	-	-
Huancavelica	-	-	-	-	-	-
Huánuco	-	-	7,518.50	1,503.70	-	-
Ica	-	-	-	-	11,175.85	4,470.34
Junín	-	-	663.15	132.63	-	-
La Libertad	38,716.51	36,780.69	32,621.50	6,524.30	50.00	20.00
Lambayeque	26,361.91	25,043.81	47,936.00	9,587.20	2,957.00	1,182.80
Lima	11,846.58	11,254.25	-	-	915.00	366.00
Loreto	-	-	35,542.00	7,108.40	-	-
Madre de Dios	-	-	2,277.50	455.50	-	-
Moquegua	-	-	-	-	-	-
Pasco	-	-	1,261.00	252.20	-	-
Piura	1,841.59	1,749.51	49,199.00	9,839.80	2,680.00	1,072.00
Puno	-	-	114.00	22.80	-	-
San Martín	-	-	101,488.00	20,297.60	-	-
Tacna	-	-	-	-	-	-
Tumbes	-	-	14,232.65	2,846.53	-	-
Ucayali	-	-	19,720.00	3,944.00	146.36	58.54

Fuente: Elaboración propia

Los valores de porcentajes del área quemada de cada cultivo, utilizados para la estimación de las superficies de cultivos quemadas, fueron obtenidos a través de un dictamen de expertos y se presentan en la Tabla 43.

Tabla 43. Proporción del área de cultivos donde se quema biomasa

Cultivos	Proporción del área total de cada cultivo donde se quema biomasa (%)
Caña para azúcar	0.95
Arroz cáscara	0.20
Algodón	0.40

Fuente: DGDA- MIDAGRI, 2020

b) Superficie quemada de pastizales

La quema de pastizales es una práctica que se aplica eventualmente para el manejo de pasturas naturales. Debido a que no existe información estadística relevante, la superficie de pastizales que se queman se determinó como un porcentaje del área total de pastizales, determinado mediante un dictamen de experto.

La superficie nacional de pastizales se obtuvo a partir de las matrices de uso y cambio de uso de las tierras calculadas en base a información espacial y presentada en el RAGEI 2019 del sector UTCUTS. La Tabla 44 presenta los datos de actividad utilizados para los cálculos:

Tabla 44. Área quemada de pastizales, 2019

Bioma	Pasturas	Porcentaje de quema	Área quemada
Amazonía	2,662,266.49	11.66%	310,420.27
Sierra	19,073,256.39		2,223,941.70
Costa	2,806,140.18		327,195.94
Pastizales TOTAL			2,861,557.91

Fuente: Estimado a partir de MINAM, MIDAGRI 2023

c) Masa de combustible disponible para combustión (M_B)

La masa de combustible disponible para combustión es un parámetro asociado a los datos de actividad de la categoría 3C1. Para los factores de combustión asociados a tierras de cultivo y pastizales, se emplean valores por defecto, los cuales son presentados en la siguiente tabla.

Tabla 45. Masa de combustible disponible para combustión (t/ha)

Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	Referencia
Todos los pastizales de la sabana (quemadas tempranas de la estación seca)		2.10	Directrices del IPCC de 2006 - Volumen 4 - Capítulo 2 - Cuadro 2.4
Residuos agrícolas (quema de campo postcosecha)	Residuos de trigo	4.00	
	Residuos de maíz	10.00	
	Residuos de arroz	5.50	
	Caña de azúcar	6.50	
	Otros cultivos	$MB = AGR_{(T)} \times Frac_{Brunt(T)}$	Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*, Volumen 4, Capítulo 2, Cuadro 2.4
Nota			
Este valor se utiliza para estimar el producto de las cantidades $M_B \cdot Cr$, es decir, una cantidad absoluta			

*Se emplearon factores del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006, por considerarse más actualizadas y adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006; Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Para aquellos cultivos sin valor por defecto de masa de combustible disponible para combustión (M_B) se utiliza la Ecuación 2.27 del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Ecuación N° 2.27. Masa de combustible disponible para combustión para otros cultivos

$$M_B = AGR_{(T)} * Frac_{Brunt(T)}$$

Donde:

AGR_(T) = cantidad total anual de residuos de cultivos sobre el suelo para el cultivo T, kg m.s. año⁻¹

Frac_{Brunt(T)} = proporción del área de cultivos donde se quema biomasa

Fuente: Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 2. Cuadro 2.4. Pág. 2.52

6.3.3. Factores de emisión y conversión

A. Factores de emisión

Se aplicaron factores de emisión por defecto establecidos en las Directrices del IPCC de 2006 para tierras de cultivo y pastizales. El detalle sobre los factores de emisión se presenta en la Tabla 46.

Tabla 46. Factores de Emisión para la categoría quemado de biomasa

Tipo de gas	Residuos de Agricultura (g kg m.s quemada) ⁻¹	Sabana y pastizales (g kg m.s quemada) ⁻¹
CH ₄	2.70	2.30
CO	92.00	65.00
N ₂ O	0.07	0.21
NO _x	2.50	3.90

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

B. Factores de conversión

Para expresar las emisiones de metano y óxido nitroso en CO₂eq se utilizó el GWP proporcionado por el IPCC en el AR5. El valor utilizado se presenta en la Tabla 47.

Tabla 47. GWP utilizado para el metano y óxido nitroso

Gas	GWP
Metano	28
Óxido nitroso	265

Fuente: IPCC 2013

6.3.4. Análisis de Incertidumbre

La incertidumbre de los datos de actividad de la subcategoría Emisiones por quema de biomasa, se obtuvo mediante dictamen de expertos para el parámetro "Superficie anual de cultivos por región" y mediante valores por defecto de la OBP2003 para el parámetro "Superficie anual de pastizales por región". Mientras que, para la incertidumbre de los factores de emisión de la subcategoría, se utilizaron los valores por defecto tanto de las Directrices del IPCC del 2006 como de las OBP2000.

Los valores de incertidumbre combinada resultante para metano y óxido nitroso son descritos en la Tabla 48. Para ambos gases, el menor valor de incertidumbre resultante fue el de las emisiones de quema de biomasa en tierras de cultivo con un 22.36%. Mientras que para las emisiones de quema de biomasa en pastizales el valor de incertidumbre fue mayor, con un 41,08% para CH₄ y 49,23% para N₂O.

Tabla 48. Incertidumbre de las emisiones de metano y óxido nitroso para la categoría emisiones por quema de biomasa

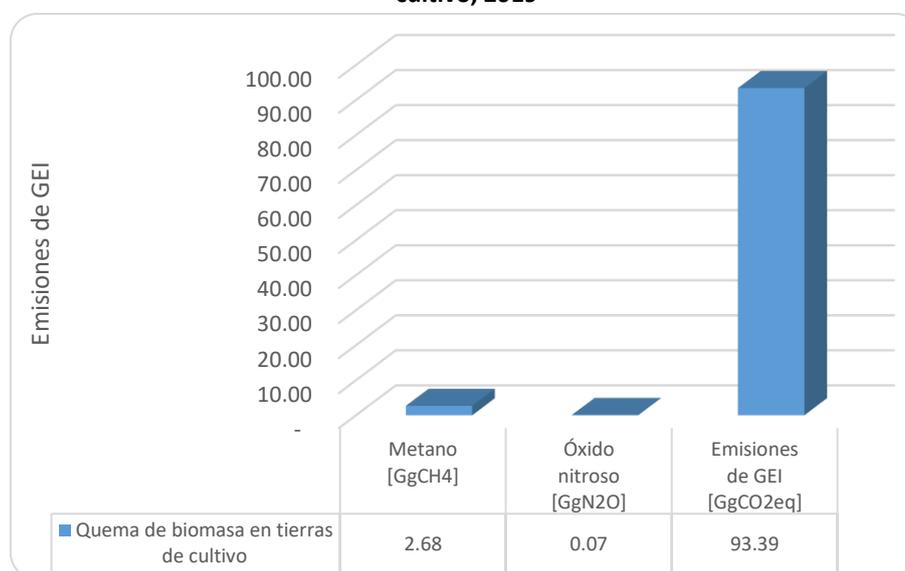
Código	Fuente	Gas	Estimaciones de GEI año t	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada GgCO ₂ eq	Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2+F^2}$ %
3C1	Emisiones por quema de biomasa					
3C1b	Quema de biomasa en tierras de cultivo	CH ₄	74.99	10.00	20.00	22.36
		N ₂ O	18.40	10.00	20.00	22.36
3C1c	Quema de biomasa en pastizales	CH ₄	387.00	12.50	39.13	41.08
		N ₂ O	334.42	12.50	39.13	41.08

Fuente: Elaboración propia

6.3.5. Análisis de resultados

En el año 2019, las emisiones de metano y óxido nitroso generadas por la quema de biomasa en tierras de cultivo fueron de 2.68 Gg de CH₄ y 0.07 Gg de N₂O que, en su conjunto, equivalen a 93.39 GgCO₂eq (Figura 14), representando el 0.33% de las emisiones totales del sector.

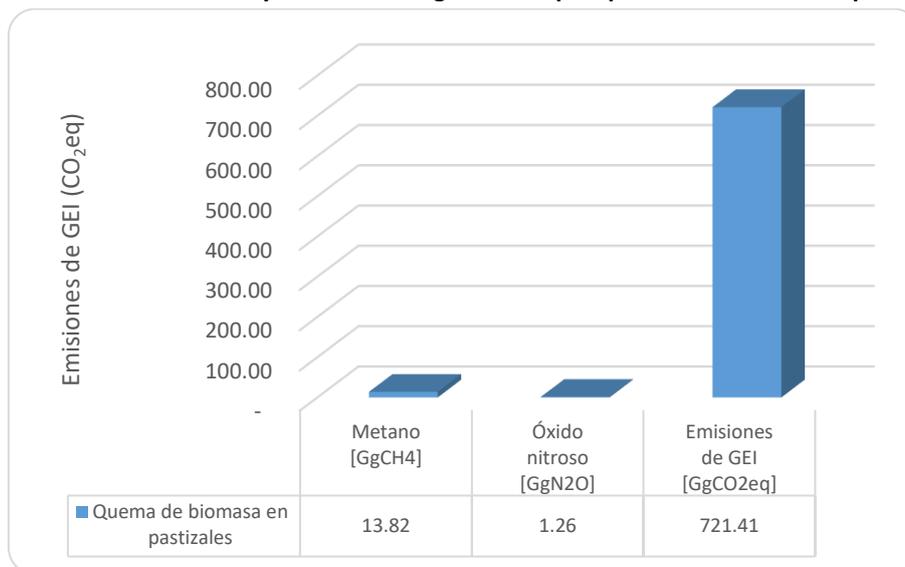
Figura 14. Emisiones de metano y óxido nitroso generados por quema de biomasa en tierras de cultivo, 2019



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en el año 2019, las emisiones de metano y óxido nitroso generadas por la quema de biomasa en pastizales fueron de 13.82 Gg de CH₄ y 1.26 Gg de N₂O, que en su conjunto equivalen a 721.41 Gg CO₂eq (Figura 15), que representa el 2.53% de las emisiones totales del sector.

Figura 15. Emisiones de metano y óxido nitroso generados por quema de biomasa en pastizales, 2019



Fuente: Elaboración propia

6.3.6. Actualización de la serie temporal

El RAGEI 2019 presenta una serie temporal de las emisiones de GEI desde el año 1994 al 2019, estimadas con la misma metodología y fuentes de información.

En la Figura 16 se aprecia que el valor de las emisiones del 2019 incrementó en 6.70% respecto a 1994 y disminuyó en 0.24% respecto al 2018. De acuerdo con el análisis de los resultados realizado por especialistas del sector, la tendencia creciente se puede explicar por el incremento progresivo de las extensiones de áreas de pastizales y cultivos agrícolas, que propician la generación de mayores volúmenes de residuos agrícolas quemados.

Figura 16. Evolución de las emisiones de GEI de la categoría quema de biomasa



Fuente: Elaboración propia

6.4. Aplicación de urea (3C3)

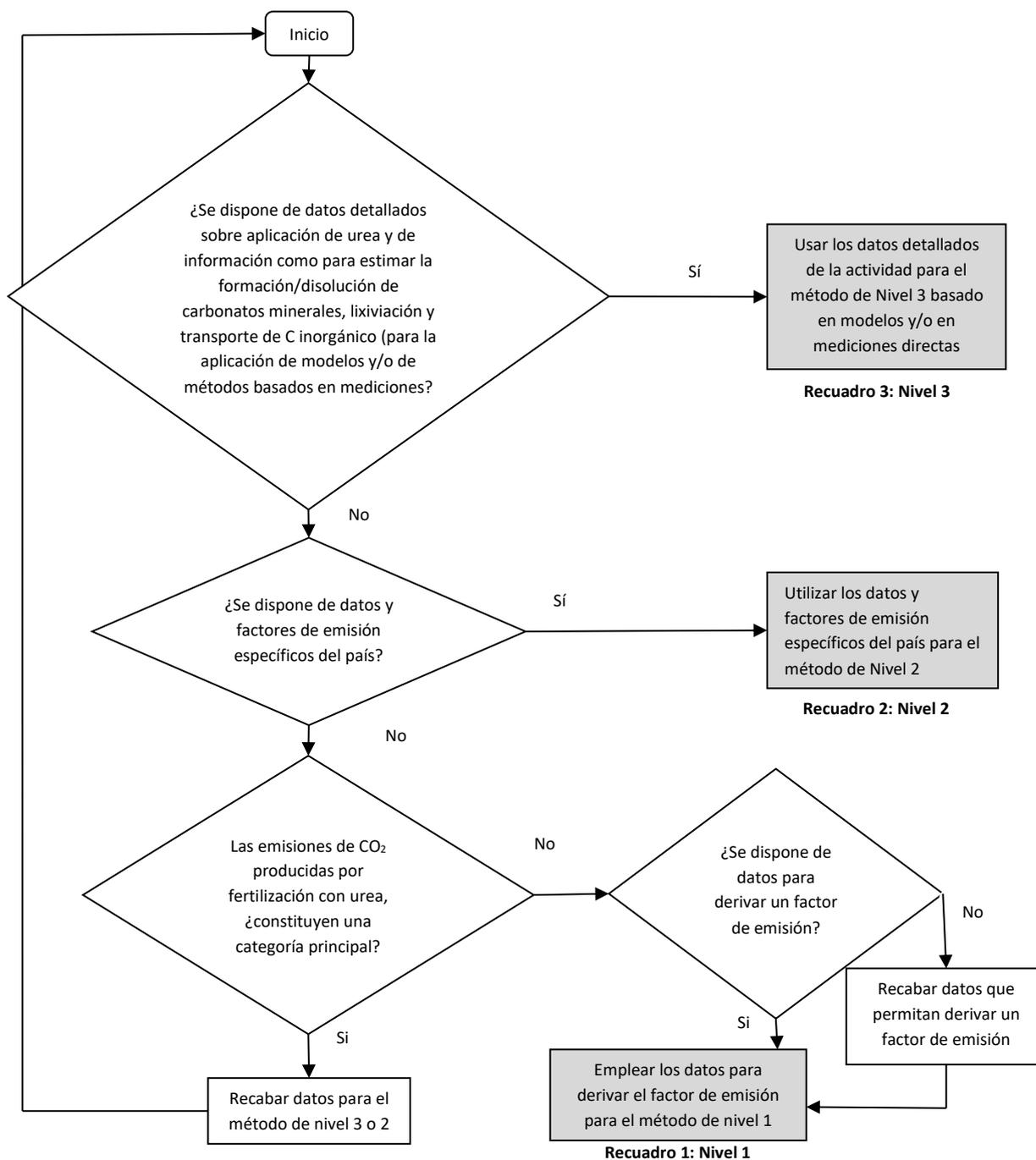
6.4.1. Método de cálculo

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 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 carbono inorgánico.

La Figura 17 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 17. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CO₂ provenientes aplicación de urea



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Pág. 11.33

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

- No se dispone de factores de emisión específicos del país para estimar emisiones de CO₂ por aplicación de urea.
- La aplicación de urea no es una categoría principal.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones CO₂ se realizan aplicando el método de cálculo de nivel 1.

La estimación de la categoría se realiza utilizando la ecuación N° 11.13 de las Directrices del IPCC de 2006:

Ecuación N° 11.13. Emisiones anuales de CO₂ por aplicación de urea

$$CO_2 - C \text{ Emisión} = M * EF$$

Donde:

- Emisión de CO₂-C = emisiones anuales de C por aplicación de urea, t C año⁻¹
- M = cantidad anual de fertilización con urea, t urea año⁻¹
- FE = EF, por sus siglas en inglés. Factor de emisión, t de C (ton de urea)⁻¹

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Ecuación 11.13. Pág. 11.32

6.4.2. Datos de actividad

La Tabla 49 presenta la información utilizada para estimar las emisiones de CO₂ provenientes de la aplicación de urea.

Tabla 49. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) provenientes de la aplicación de urea

Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
Cantidad anual de aplicación de urea	Cantidad anual de importaciones de fertilizante de Urea	toneladas	MIDAGRI 2020. Anuarios Estadísticos de Insumos y Servicios Agropecuarios. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/7-insumos-servicios-agropecuarios	La cantidad se multiplica por su respectivo factor de emisión, para determinar las emisiones de GEI

Fuente: Elaboración propia

La información utilizada se detalla a continuación:

a) Cantidad anual de aplicación de urea

Debido a que no se cuenta actualmente con información detallada sobre la cantidad de urea aplicada por año a nivel nacional, se utilizan los datos de importaciones anuales de fertilizante de urea, asumiendo que todo el fertilizante importado en un año de inventario es utilizado en los sistemas productivos.

Esta información se encuentra disponible en los anuarios estadísticos de insumos y servicios agropecuarios del MIDAGRI. La Tabla 50 presenta la cantidad anual de urea importada para uso agrícola.

Tabla 50. Cantidad anual de importaciones de urea 2019

Fertilizante	Cantidad (t)
Urea	399,004.00

Fuente: MIDAGRI 2020.

6.4.3. Factores de emisión y conversión

A. Factores de emisión

Se aplicaron factores de emisión predeterminados, tomados de las Directrices del IPCC de 2006. El detalle sobre los factores de emisión se presenta en la Tabla 51.

Tabla 51. Factores de emisión de metano procedentes de la aplicación de urea

Tipo de fertilizante	Aplicación de Urea t de C (t de insumo) ⁻¹
Urea	0.20

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

6.4.4. Análisis de Incertidumbre

Para el caso de la incertidumbre de los datos de actividad de la subcategoría, al trabajar con datos directos de importaciones, se consideró que la incertidumbre en el dato de actividad es cero. Para la incertidumbre de los factores de emisión, se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC del 2006.

Los valores de incertidumbre combinada para óxido nitroso son descritos en la Tabla 52. El único valor resultante para la incertidumbre combinada fue del 50%.

Tabla 52. Incertidumbre de las emisiones de óxido nitroso provenientes de la aplicación de urea

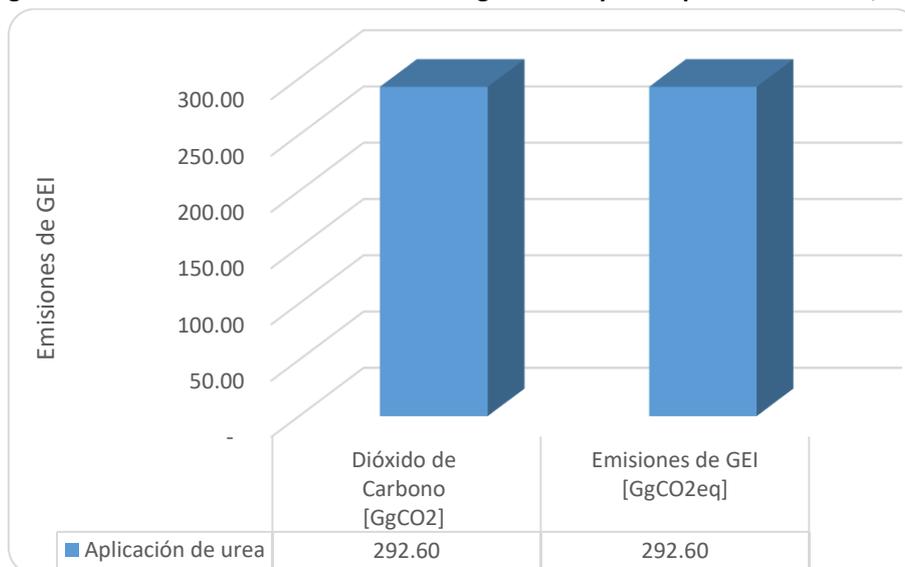
Código	Fuente	Gas	Estimaciones de GEI año t	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada GgCO ₂ eq	Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2+F^2}$ %
3C3	Aplicación de urea	CO ₂	292.60	0.00	50.00	50.00

Fuente: Elaboración propia

6.4.5. Análisis de resultados

En el año 2019, las emisiones de dióxido de carbono generadas por la aplicación de urea fueron de 292.60 GgCO₂ (Figura 18), que representa el 1.03% de las emisiones del sector.

Figura 18. Emisiones de dióxido de carbono generados por la aplicación de urea, 2019



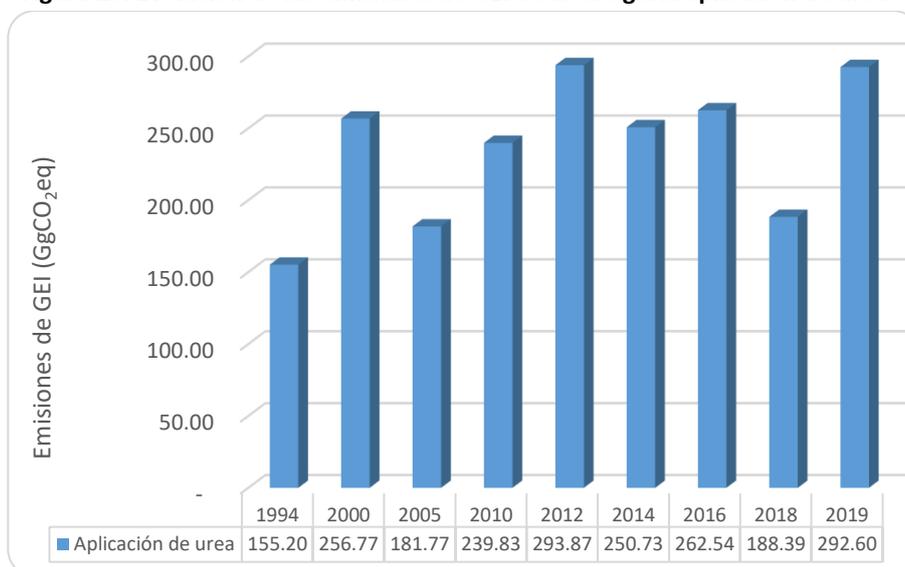
Fuente: Elaboración propia

6.4.6. Actualización de la serie temporal

El RAGEI 2019 presenta una serie temporal de las emisiones de GEI para los años 1994, 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 y 2019, estimadas con la misma metodología y fuentes de información.

En la Figura 19 se aprecia que las emisiones del año 2019 aumentaron en 88.54% respecto a 1994 y en 55.31% respecto al año 2018.

Figura 19. Evolución de las emisiones de GEI de la categoría aplicación de urea



Fuente: Elaboración propia

6.5. Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados (3C4)

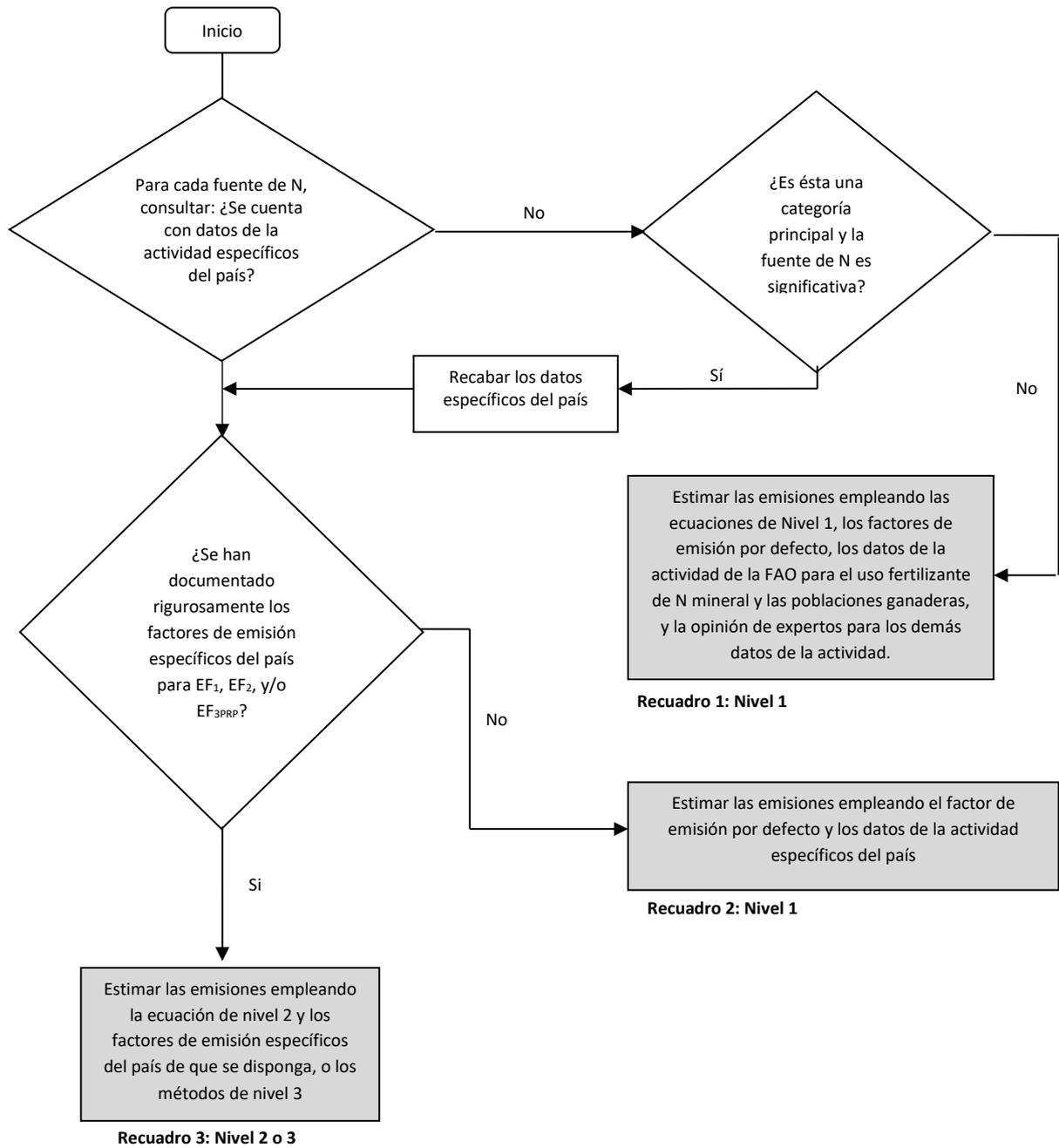
6.5.1. Método de cálculo

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 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 Figura 20 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 20. Árbol de decisión de emisiones directas de N₂O de suelos gestionados



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

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

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

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones directas de N₂O procedentes de suelos gestionados se realizan aplicando el método de cálculo de nivel 1.

Se aplica la ecuación N° 11.1.

Ecuación N° 11.1. Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados

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

Donde:

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

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

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

Donde:

N ₂ O _{Directas} -N	=	emisiones directas anuales de N ₂ O-N producidas a partir de suelos gestionados, kg N ₂ O-N año ⁻¹
N ₂ O-N _{aportes} N	=	emisiones directas anuales de N ₂ O-N producidas por aportes de N a suelos gestionados, kg N ₂ O-N año ⁻¹
N ₂ O-N _{OS}	=	emisiones directas anuales de N ₂ O-N de suelos orgánicos gestionados, kg N ₂ O-N año ⁻¹
N ₂ O-N _{PRP}	=	emisiones directas anuales de N ₂ O-N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo, kg N ₂ O-N año ⁻¹
F _{SN}	=	cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, kg N año ⁻¹
F _{ON}	=	cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos (Nota: Si se incluyen los barros cloacales, realizar una verificación cruzada con el Sector Desechos para asegurarse de que no hay cómputo doble de las emisiones de N ₂ O del N contenido en los barros cloacales), kg N año ⁻¹
F _{CR}	=	cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y la renovación de forraje/pastura, que se regresan a los suelos, kg N año ⁻¹
F _{SOM}	=	cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza, relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra, kg N año ⁻¹
F _{OS}	=	superficie anual de suelos orgánicos gestionados/drenados, ha (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templado, Tropical, rico en nutrientes y pobre en nutrientes, respectivamente).
F _{PRP}	=	cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas, kg N año ⁻¹ (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).
EF ₁	=	factor de emisión para emisiones de N ₂ O de aportes de N, kg N ₂ O-N (kg aporte de N) ⁻¹ Cuando se conoce la cantidad total anual de N aplicada al arroz bajo fangueo, este aporte de N puede multiplicarse por un factor de emisión por defecto más bajo aplicable a este cultivo, EF _{1FR} (Akiyama et al., 2005) o, donde se haya determinado un factor de emisión específico del país, por este factor en lugar de aquél. Aunque hay cierta evidencia de que las inundaciones intermitentes pueden incrementar

las emisiones de N₂O, los datos científicos actuales señalan que el factor EF_{1FR} se aplica también a situaciones de inundaciones intermitentes.

EF _{1FR}	=	es el factor de emisión para emisiones de N ₂ O de aportes de N en plantaciones de arroz inundadas, kg N ₂ O–N (kg aporte de N) ⁻¹
EF ₂	=	factor de emisión para emisiones de N ₂ O de suelos orgánicos drenados/gestionados, kg N ₂ O–N ha ⁻¹ año ⁻¹ (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templado, Tropical, Rico en nutrientes y Pobre en nutrientes, respectivamente).
EF _{3PRP}	=	factor de emisión para emisiones de N ₂ O del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg N ₂ O–N (kg aporte de N) ⁻¹ ; (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Ecuación 11.1. Pág. 11.7

6.5.2. Datos de actividad

La Tabla 53 presenta la información utilizada para estimar las emisiones directas de N₂O provenientes de suelos gestionados.

Tabla 53. Descripción de las fuentes de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones directas de N₂O provenientes de suelos gestionados

Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
Cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizantes sintético	Cantidad Anual de Importaciones Principales Fertilizantes Nitrogenados	toneladas	MIDAGRI (2020). Anuarios estadísticos de insumos y servicios agropecuarios. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anales/7-insumos-servicios-agropecuarios	Se utiliza para determinar el contenido de N en los fertilizantes
Cantidad anual de N en residuos agrícolas	Superficie Anual de principales cultivos por departamento	hectáreas	MIDAGRI (2020). anuario estadístico de producción agrícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anales/4-agricola	Se utiliza para determinar de N de residuos agrícolas
	Producción Anual de principales cultivos por departamento	toneladas		
	Total de superficie anual quemada del cultivo T	ha		
N mineralizado/inmovilizado asociado a cambios en materia orgánica del suelo debido a cambios en el uso de la tierra	Pérdida promedio anual de carbono del suelo por tipo de uso de la tierra	toneladas	RAGEI UTCUTS - Pérdida promedio anual de carbono del suelo para cada tipo de uso de la tierra (LU) a partir de la matriz de uso y cambio de uso de la tierra	Se utilizan para el cálculo de la cantidad neta anual de N mineralizado en suelos minerales debido a la pérdida de carbono del suelo por cambios de uso de tierras
Superficie de suelos orgánicos	NE	NE	NE	Se utiliza para determinar la superficie total anual de suelos orgánicos / drenados gestionados
Cantidad anual de N por deposición de heces y orina de animales en suelos bajo pastoreo	Población Anual de animales vivos por departamento	cabezas	MIDAGRI (2020). Anuario estadístico de producción ganadera y avícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anales/5-ganadera-avicola Propuesta de cálculo para la población de equinos y burros, burras, mulas y cuyes y la superficie de pastos naturales. Orden de servicio N° 2019- 1187. Dirección	Se utiliza para determinar la cantidad anual de N de estiércol animal aplicada a los suelos y la cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo

Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
			General de Asuntos Ambientales Agrarios. MIDAGRI.	
	Población Anual de vacas en ordeño por región	cabezas	MIDAGRI (2020). Anuario estadístico de producción ganadera y avícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/5-ganadera-avicola	
	Sistemas de manejo de estiércol del ganado por especie	%	MIDAGRI (2020). Dictamen de Expertos 2020 MIDAGRI (2018). Dictamen de Expertos 2018	Se utiliza para determinar cantidad de nitrógeno de estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados por sistema de manejo de estiércol

Fuente: Elaboración propia

La información utilizada se detalla a continuación.

a) Cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizantes sintético

La cantidad anual de fertilizante sintético de N aplicado a los suelos se estima a partir de la cantidad total de fertilizante sintético consumida por año. Los datos del consumo anual de fertilizante se recabaron de estadísticas de importación oficiales del sector Agricultura. La Tabla 54 presenta la cantidad de importaciones de los principales fertilizantes nitrogenados del país.

Tabla 54. Cantidad anual de importaciones de principales fertilizantes nitrogenados, 2019

Fertilizantes nitrogenados	Cantidad (t)
Urea	399,004.00
Fosfato diamónico	189,729.00
Sulfato de amonio	264,289.00
Nitrato de amonio	169,337.00

Fuente: Anuario estadísticos de insumos y servicios agropecuarios 2019 – MIDAGRI, 2020

La cantidad anual de nitrógeno (N) aplicado a los suelos en forma de fertilizantes sintético se calcula considerando el consumo aparente de fertilizantes y el contenido de nitrógeno de cada uno. La Tabla 55 presenta el valor de F_{SN} para el año 2019.

Tabla 55. Contenido de N en kg en los fertilizantes sintéticos

Tipo de fertilizantes nitrogenado	F_{SN} Nitrógeno aplicado (kg N/año)
Urea	183,541,840.00
Fosfato diamónico	34,151,220.00
Sulfato de amonio	55,500,690.00
Nitrato de amonio	56,727,895.00
Total	329,921,645.00

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se estimó la cantidad de fertilizante aplicado a los cultivos de arroz a través de un dictamen de experto. La Tabla 56 presenta la cantidad de N aplicado en los cultivos de arroz.

Tabla 56. Fertilización del cultivo de arroz por departamento

Departamento	Fertilización (kg N/ha/año)	F_{SN} Nitrógeno aplicado (kg N/año)
Amazonas	150.00	7,823,400.00
Ancash	280.00	1,545,600.00
Apurímac	0.00	0.00
Arequipa	280.00	5,641,160.00
Ayacucho	0.00	0.00
Cajamarca	150.00	3,441,600.00
Cusco	0.00	0.00
Huancavelica	0.00	0.00
Huánuco	120.00	902,220.00
Ica	0.00	0.00

Departamento	Fertilización (kg N/ha/año)	F _{SN} Nitrógeno aplicado (kg N/año)
Junín	80.00	53,052.00
La Libertad	280.00	9,134,020.00
Lambayeque	280.00	13,422,080.00
Lima	0.00	0.00
Loreto	32.00	1,137,344.00
Madre de Dios	32.00	72,880.00
Moquegua	0.00	0.00
Pasco	80.00	100,880.00
Piura	280.00	13,775,720.00
Puno	0.00	0.00
San Martín	150.00	15,223,200.00
Tacna	0.00	0.00
Tumbes	280.00	3,985,142.00
Ucayali	80.00	1,577,600.00
TOTAL		77,835,898.00

Fuente: Dictamen de experto en arroz (Carlos Bruzzone) 2020.

b) Cantidad de N orgánico aplicado como fertilizante

La cantidad de N orgánico aplicado a los suelos proviene de cuatro componentes: aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo (F_{AM}), barros cloacales (F_{SEW}), compost (F_{COMP}) y otros (F_{OOA}).

Ecuación N° 11.3. N de agregados de N orgánico, aplicados a los suelos

$$F_{ON} = F_{AM} + F_{SEW} + F_{COMP} + F_{OOA}$$

Donde:

- F_{ON} = cantidad total anual de fertilizante de N orgánico, aplicada a los suelos, excepto el de animales en pastoreo, kg N año⁻¹
- F_{AM} = cantidad anual de N de estiércol animal aplicada a los suelos, kg N año⁻¹
- F_{SEW} = cantidad anual de N total de barros cloacales que se aplica a los suelos, kg N año⁻¹. No se estima para el presente reporte
- F_{COMP} = cantidad anual del total de N de compost aplicada a los suelos, kg N año⁻¹. No se estima para el presente reporte
- F_{OOA} = cantidad anual de otros abonos orgánicos utilizados como fertilizantes (p. ej., desechos, guano, residuos de la fabricación de cerveza, etc.), kg N año⁻¹. No se estima para el presente reporte.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Ecuación 11.3. Pág. 11.12

El F_{AM} se calcula multiplicando la cantidad de nitrógeno del estiércol gestionado disponible para aplicación al suelo y para uso como alimento, combustible o en la construcción (N_{MMS_Avb}) por la fracción del estiércol gestionado utilizada para alimento ($Frac_{ALIM}$), para combustible ($Frac_{COMBUST}$), y para la construcción ($Frac_{CNST}$). Como no se dispone de información para las fracciones de estiércol antes nombradas el F_{AM} resulta ser el parámetro N_{MMS_Avb} y en consecuencia puede estar sobrestimado.

Ecuación N° 11.4. N de estiércol animal aplicado a los suelos

$$F_{AM} = N_{MMS\ Avb} * [1 - (Frac_{ALIM} + Frac_{COMBUST} + FRAC_{CNST})]$$

Donde:

- F_{AM} = cantidad anual de N de estiércol animal aplicada a los suelos, kg N año⁻¹
- $N_{MMS\ Avb}$ = cantidad de N del estiércol gestionado disponible para aplicación al suelo y para uso como alimento, combustible o en la construcción, kg N año⁻¹
- $Frac_{ALIM}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para alimento
- $Frac_{COMBUST}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para combustible
- $FRAC_{CNST}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para la construcción

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Ecuación 11.4. Pág. 11.13

Ecuación N° 10.34. N de estiércol gestionado disponible para aplicación en suelos gestionados, como alimento, combustible o en la construcción

$$N_{MMS\ Avb} = \sum_S \left\{ \sum_{(T)} \left[(N_T * Nex_T * MS_{(T,S)}) * \left(1 - \frac{Frac_{PérdidaMS}}{100}\right) \right] + [N_{(T)} * MS_{(T,S)} * N_{camaMS}] \right\}$$

Donde:

- $N_{MMS\ Avb}$ = cantidad de nitrógeno de estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados o para alimento, combustible o para la construcción, kg N año⁻¹
- $N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país
- $Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por animal de la especie/categoría T en el país, kg N animal⁻¹ año⁻¹
- $MS_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado (T) que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol (S) en el país, sin dimensión
- $Frac_{PérdidaMS}$ = cantidad de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se pierde en el sistema de gestión del estiércol S, %
- N_{camaMS} = cantidad de nitrógeno de las camas (a aplicar para almacenamiento de sólidos y MMS de cama profunda si se utiliza una cama orgánica conocida), kg N animal⁻¹ año⁻¹
- S = sistema de gestión del estiércol
- T = especie/categoría de ganado

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Ecuación 10.34. Pág. 10.65

La cantidad de cabezas de ganado de la especie de ganado representativo fue obtenida de estadísticas nacionales oficiales del sector Agricultura. La Tabla 57 presenta la población media anual de animales vivos por cada categoría de ganado representativa.

Tabla 57. Población media anual de animales vivos

Tipo de ganado	Población
Vacuno lechero	905,818.00
Otro ganado vacuno	4,694,075.00
Ovinos	11,371,639.00
Caprinos	1,801,882.00
Caballos	478,241.72
Asnos/Mulas	541,066.21
Porcinos	940,552.03
Alpacas	4,456,049.00
Llamas	1,095,921.00
Aves	52,662,900.84
Cuyes	3,971,222.85

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de participación de SME según tipo de ganado se presenta en la Tabla 58. Los datos sobre el uso del sistema de manejo del estiércol para estimar las emisiones de N₂O han sido recopilados a través de dictamen de expertos.

Tabla 58. Sistemas de manejo de estiércol, 2019

Ganado	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*	79.00	0.00	21.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otro ganado vacuno*	91.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ovino**	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Caprino**	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Caballos**	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Asnos/Mulas**	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porcino**	67.00	0.00	33.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alpaca*	89.00	0.00	11.00	24.00	0.00	0.00	0.00
Llama*	89.00	0.00	11.00	24.00	0.00	0.00	0.00
Ave*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.00	10.00
Cuyes**	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Dictamen de expertos (MIDAGRI 2020) */ Dictamen de expertos (MIDAGRI 2018) **

c) Drenaje/ gestión de suelos orgánicos

La superficie de suelos orgánicos drenados/gestionados (F_{OS}) se refiere a la superficie total anual (ha) de suelos orgánicos drenados/gestionados y no ha sido estimada porque no se cuenta con datos nacionales de superficie de suelos orgánicos.

d) Cantidad anual de N en residuos agrícolas

La cantidad anual de N en residuos agrícolas (aéreos y subterráneos) incluyendo fijadores de N que se mineraliza durante la renovación del forraje o las pasturas, se estima a partir de estadísticas del rendimiento de cultivos y de factores por defecto de relaciones residuo: rendimiento aéreo/subterráneo y contenido de N de los residuos. Además, el método tiene en cuenta el efecto del quemado de residuos u otras remociones de residuos.

El F_{CR} se estima utilizando la ecuación N° 11.6 de las Directrices del IPCC de 2006.

Ecuación N°11.6. N de residuos agrícolas y renovación de forraje/pasturas

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ Cultivo_T * Frac_{Renov(T)} * \left[(Superf_{(T)} - Superf_{quemada(T)} * Cf) * R_{AG(T)} * N_{AG(T)} * (1 - Frac_{Remoc(T)}) + Superf_{(T)} * R_{BG(T)} * N_{BG(T)} \right] \right\}$$

Donde:

- F_{CR} = cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devueltos a los suelos, kg N año⁻¹
- $Cultivo_{(T)}$ = rendimiento anual de materia seca cosechada para el cultivo T, kg m.s. ha⁻¹
- $Superf_{(T)}$ = total de superficie anual de cosecha del cultivo T, ha año⁻¹
- $Superf_{quemada(T)}$ = superficie anual del cultivo T quemada, ha año⁻¹
- Cf = factor de combustión (sin dimensión)

$FraC_{Renov(T)}$	=	fracción de la superficie total dedicada al cultivo T que se renueva anualmente
$RAG_{(T)}$	=	relación entre la materia seca de los residuos aéreos ($AG_{DM(T)}$) y el rendimiento de cosecha del cultivo T ($Cultivo_{(T)}$), kg m.s. (kg m.s.) ⁻¹
	=	$AG_{DM(T)} * 1000 / Cultivo(T)$
$NAG_{(T)}$	=	contenido de N de los residuos aéreos del cultivo T, kg N (kg m.s.) ⁻¹
$FraC_{RemoC(T)}$	=	fracción de los residuos aéreos del cultivo T que se extraen anualmente, como los destinados a alimentos, camas y construcción, kg N (kg cultivo-N) ⁻¹
		1
$RBG_{(T)}$	=	relación entre residuos subterráneos y rendimiento de cosecha del cultivo T, kg m.s. (kg m.s.) ⁻¹
$NBG_{(T)}$	=	contenido de N de los residuos subterráneos del cultivo T, kg N (kg m.s.) ⁻¹
T	=	tipo de cultivo o forraje

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Ecuación 11.6. Pág. 11.14

La superficie anual cosechada y la producción anual de los principales cultivos nacionales se obtuvieron de estadísticas oficiales del sector Agricultura, las que son presentadas en las Tabla 59 y Tabla 60.

Tabla 59. Superficie Anual de principales cultivos por departamento (hectáreas), 2019

Departamento (ha)	Caña para azúcar	Papa	Arroz cáscara	Banana / plátano	Maíz a. duro	Yuca	Cebolla de cabeza	Camote	Quinua	Alcachofa
TOTAL	86,472.62	331,176.85	414,401.30	175,407.41	254,544.84	103,567.22	15,732.00	16,728.60	64,858.50	7,733.60
Amazonas		3,725.00	52,156.00	10,740.50	13,089.00	12,370.00	2.00	28.00		
Ancash	7,100.76	9,003.00	5,520.00	153.00	17,838.00	221.00	207.00	1,812.00	212.00	560.00
Apurímac		23,552.00		62.90	2,021.00	70.50	152.50	131.00	5,080.00	
Arequipa	605.27	9,576.00	20,147.00	2.00	258.00	31.00	8,723.00	118.00	2,118.00	2,475.00
Ayacucho		21,900.00	32.00	287.00	1,116.00	490.00	382.00	45.00	11,564.00	
Cajamarca		27,298.00	22,944.00	5,799.30	18,749.00	7,576.25	175.00	1,283.00	866.00	
Cusco		31,497.00	1,029.00	3,450.00	3,389.00	3,681.77	428.00	56.00	2,639.00	1,340.00
Huancavelica		28,674.00		101.00	381.00		9.00	8.00	1,920.00	12.00
Huánuco		43,288.00	7,518.50	19,475.75	10,331.00	4,291.75	80.00	262.75	608.50	
Ica		3,609.80		140.25	20,087.08	416.50	2,384.80	1,504.50	45.50	1,963.00
Junín		24,820.55	663.15	17,574.00	6,056.61	7,817.85	198.00		1,913.00	265.00
La Libertad	38,716.51	25,842.50	32,621.50	842.00	14,097.60	1,178.00	669.00	408.00	1,154.50	813.20
Lambayeque	26,361.91	115.00	47,936.00	825.00	13,830.00	638.00	432.00	2,357.00	80.00	305.40
Lima	11,846.58	5,470.00		264.88	14,040.75	1,060.00	765.00	7,454.60	14.00	
Loreto			35,542.00	24,763.00	37,076.00	41,971.00				
Madre de Dios			2,277.50	2,734.00	6,406.00	1,273.50		62.25		
Moquegua		576.00		2.00	59.00		62.00	1.00	41.00	
Pasco		9,096.00	1,261.00	5,587.00	3,625.00	4,299.00				
Piura	1,841.59	1,986.00	49,199.00	15,719.00	13,743.00	864.00	221.00	682.00		
Puno		60,730.00	114.00	1,174.00	2,617.00	2,158.00	453.00	245.00	36,092.00	
San Martín			101,488.00	38,988.40	43,791.50	5,494.15				
Tacna		418.00		4.00	5.00		387.00	175.00	511.00	
Tumbes			14,232.65	5,458.34	1,219.30	170.95	1.70	1.50		
Ucayali			19,720.00	21,260.09	10,719.00	7,494.00		94.00		

Fuente: MIDAGRI (2020)

Departamento (ha)	Algodón	Piña	Maíz choclo	Espárrago	Maíz amiláceo	Tomate	Trigo	Cebada grano	Palma aceitera	Café pergamino
TOTAL	18,874.21	15,847.24	43,883.05	31,700.25	197,745.75	4,822.98	120,634.30	132,563.75	74,739.39	438,177.10
Amazonas		1,109.00	920.50		7,803.00	77.80	132.00	29.00		54,225.00
Ancash	507.00		3,915.00	2,842.00	5,895.00	276.00	11,123.00	5,529.00		
Apurímac			2,167.00		25,165.00	110.50	5,169.00	5,390.00		
Arequipa	443.00		1,992.00		2,327.00	729.00	1,503.00	219.00		
Ayacucho		24.00	1,994.00		16,459.00	112.00	9,451.00	12,900.00		5,846.00
Cajamarca		541.00	8,480.50		37,806.00	126.00	26,087.00	10,693.25		64,908.00
Cusco		978.50	2,125.00		22,366.00	45.00	9,110.80	13,831.00		54,214.00
Huancavelica			1,503.00		18,796.00	88.00	4,267.00	15,887.00		10.00
Huánuco		704.00	771.25		13,239.50	62.50	8,185.75	6,211.00	3,373.00	20,752.00
Ica	11,175.85		1,363.50	14,809.35	67.00	1,128.50	16.00	40.00		
Junín		6,612.00	6,497.55		7,303.75	14.00	3,844.00	9,145.00		94,913.00
La Libertad	50.00	1,112.00	1,180.00	11,301.70	15,019.00	233.50	29,771.00	27,513.00		204.00
Lambayeque	2,957.00		2,409.00	352.00	2,857.00	95.00	934.00	40.00		2,397.00
Lima	915.00		3,260.00	2,395.20	421.00	746.00	184.75	138.50		
Loreto		2,186.00	3,602.00			426.00			8,933.00	176.00
Madre de Dios		373.00				2.50				28.50
Moquegua			50.00		651.00	5.00	73.00	96.00		
Pasco		84.00	831.00		1,594.50		210.00	147.00		12,124.00
Piura	2,680.00		341.00		15,444.00	98.00	9,156.00	351.00		8,239.00
Puno		798.00			3,936.00		1,414.00	24,404.00		10,972.00
San Martín		863.10				221.68			36,532.00	93,987.10
Tacna			106.00		596.00	196.00	3.00			
Tumbes			374.75			1.50				
Ucayali	146.36	462.64				28.50			25,901.39	15,181.50

Fuente: MIDAGRI (2020)

Departamento (ha)	Cacao	Alfalfa	Arveja gr. Verde	Arveja grano seco	Frijol grano seco	Haba grano seco	Pallar grano seco	Frijol castilla /caupi	Tarwi	Haba grano verde	Soya
Total	170,017.20	180,841.51	33,903.57	44,359.75	71,994.25	55,841.25	5,629.55	15,792.85	11,904.25	13,025.90	790.70
Amazonas	7,873.00	154.50	574.50	67.00	7,768.00	106.00			101.00	171.50	239.00
Ancash		8,312.50	532.00	1,449.00	900.00	1,537.00			570.00	102.00	
Apurímac		3,015.82	1,081.10	1,331.00	5,239.00	5,456.00	5.00		1,055.50	1,488.00	
Arequipa		36,417.00	1,417.00	5.00	4,052.00	284.00	90.00			1,017.00	
Ayacucho	8,216.00	10,121.00	1,785.00	4,345.00	1,661.00	6,537.00	61.00		309.00	1,409.00	
Cajamarca	1,329.50	3,510.00	9,918.50	15,606.50	17,628.00	4,431.50		2.00	633.00	947.00	
Cusco	18,323.00	2,691.05	731.00	2,097.00	1,840.00	9,813.00			1,921.00	594.00	10.00
Huancavelica		7,515.00	6,768.00	3,325.00	5,971.00	6,604.00	2.00		527.00	2,377.00	
Huánuco	22,094.50	1,076.50	2,345.75	1,019.25	3,486.75	3,049.25			1,031.75	660.50	
Ica		5,534.57	63.00		194.00		3,025.55	235.30		38.00	
Junín	20,924.00	3,532.00	4,310.72	744.00	4,281.50	1,461.00			472.00	2,665.90	53.00
La Libertad	25.50	5,639.70	1,643.00	8,743.00	2,484.40	5,246.50	30.00	66.00	4,233.00	324.00	
Lambayeque	78.00	1,075.00	897.00	400.00	617.00	177.00	2,402.00	1,254.00		355.00	
Lima		6,195.88	654.00	3.00	1,137.00	71.00	14.00	1,206.00			
Loreto	665.00				4,581.00			6,229.00			
Madre de Dios	1,415.50				219.50						
Moquegua		9,935.00	33.00		3.00	134.00				71.00	
Pasco	5,373.00	241.00	712.00	59.00	651.00	510.00				305.00	
Piura	1,559.00	150.00	419.00	4,130.00	4,925.00	396.00		5,176.00			309.00
Puno	818.00	64,664.00		1,036.00	535.00	10,028.00			1,051.00	405.00	37.00
San Martín	59,927.55				3,131.50			1,102.00			81.00
Tacna		11,061.00	19.00							96.00	
Tumbes	656.70				0.60			90.55			5.70
Ucayali	20,738.95				688.00			432.00			56.00

Fuente: MIDAGRI (2020)

Tabla 60. Producción anual de principales cultivos por departamento (toneladas) 2019

Departamento (t)	Caña para azúcar	Papa	Arroz cáscara	Banana / plátano	Maíz a. duro	Yuca	Cebolla de cabeza	Camote	Quinua	Alcachofa
Total	9,832,526.00	4,514,240.00	3,165,749.00	2,073,996.00	1,232,381.00	1,180,955.00	705,632.00	269,670.00	79,269.00	108,801.00
Amazonas	0.00	58,267.00	307,947.00	137,909.00	27,938.00	143,468.00	14.00	294.00	63.00	0.00
Ancash	1,001,408.00	113,944.00	65,150.00	1,650.00	107,605.00	3,371.00	6,295.00	23,134.00	402.00	5,950.00
Apurímac	0.00	387,486.00	0.00	377.00	3,963.00	1,126.00	1,114.00	1,063.00	6,394.00	60.00
Arequipa	45,368.00	348,793.00	250,051.00	12.00	1,367.00	474.00	453,990.00	1,498.00	6,206.00	26,282.00
Ayacucho	0.00	304,181.00	201.00	2,289.00	1,919.00	8,114.00	3,590.00	574.00	16,657.00	0.00
Cajamarca	0.00	310,251.00	195,641.00	39,061.00	61,636.00	63,179.00	1,732.00	7,514.00	751.00	0.00
Cusco	0.00	369,441.00	2,598.00	32,988.00	4,680.00	34,697.00	8,649.00	229.00	3,937.00	12,293.00
Huancavelica	0.00	259,122.00	0.00	554.00	411.00	0.00	121.00	43.00	1,189.00	585.00
Huánuco	0.00	500,809.00	48,301.00	208,460.00	43,096.00	55,388.00	943.00	3,286.00	661.00	0.00
Ica	0.00	76,642.00	0.00	2,146.00	167,414.00	2,506.00	91,920.00	21,316.00	10.00	31,933.00
Junín	0.00	386,008.00	3,959.00	191,316.00	17,893.00	82,001.00	5,972.00	0.00	3,802.00	4,916.00
La Libertad	5,047,662.00	422,801.00	334,920.00	7,923.00	165,517.00	16,259.00	26,290.00	6,015.00	2,900.00	20,008.00
Lambayeque	2,278,785.00	3,913.00	399,038.00	7,435.00	101,809.00	6,068.00	16,844.00	35,749.00	6.00	0.00
Lima	1,459,303.00	107,127.00	0.00	3,964.00	205,995.00	37,145.00	52,420.00	149,768.00	30.00	6,774.00
Loreto	0.00	0.00	96,716.00	276,148.00	106,771.00	405,682.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Madre de Dios	0.00	0.00	5,425.00	19,873.00	10,543.00	10,126.00	0.00	278.00	0.00	0.00
Moquegua	0.00	6,554.00	0.00	16.00	179.00	0.00	2,624.00	0.00	71.00	0.00
Pasco	0.00	146,916.00	3,881.00	93,202.00	6,562.00	61,067.00	0.00	0.00	5.00	0.00
Piura	0.00	13,951.00	589,687.00	274,342.00	61,666.00	6,924.00	6,334.00	16,048.00	0.00	0.00
Puno	0.00	691,785.00	516.00	11,522.00	4,124.00	20,950.00	8,519.00	1,853.00	35,166.00	0.00
San Martín	0.00	0.00	710,287.00	385,532.00	102,265.00	99,887.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tacna	0.00	6,249.00	0.00	52.00	52.00	0.00	18,261.00	500.00	1,019.00	0.00
Tumbes	0.00	0.00	124,497.00	114,856.00	3,186.00	1,764.00	0.00	37.00	0.00	0.00
Ucayali	0.00	0.00	26,934.00	262,369.00	25,790.00	120,759.00	0.00	471.00	0.00	0.00

Fuente: MIDAGRI (2020)

Departamento (t)	Algodón	Piña	Maíz choclo	Espárrago	Maíz amiláceo	Tomate	Trigo	Cebada grano	Palma aceitera	Café pergamino
Total	45,358.00	461,287.00	398,751.00	378,305.00	277,427.00	232,900.00	191,109.00	204,498.00	736,345.00	277,760.00
Amazonas	0.00	8,371.00	6,445.00	0.00	6,568.00	204.00	476.00	128.00	0.00	34,966.00
Ancash	1,484.00	0.00	43,063.00	15,888.00	10,546.00	5,330.00	11,982.00	7,152.00	0.00	0.00
Apurímac	0.00	0.00	18,040.00	0.00	36,873.00	3,141.00	7,338.00	7,288.00	0.00	0.00
Arequipa	680.00	0.00	40,067.00	0.00	7,263.00	42,546.00	11,388.00	1,102.00	0.00	0.00
Ayacucho	0.00	1,767.00	9,578.00	0.00	18,188.00	1,528.00	9,749.00	13,520.00	0.00	3,875.00
Cajamarca	0.00	3,686.00	23,162.00	0.00	28,384.00	943.00	27,697.00	9,785.00	0.00	48,182.00
Cusco	0.00	12,453.00	44,934.00	0.00	60,289.00	787.00	17,871.00	26,753.00	0.00	27,163.00
Huancavelica	0.00	0.00	6,585.00	0.00	25,368.00	240.00	6,614.00	21,256.00	0.00	12.00
Huánuco	38.00	10,019.00	5,411.00	0.00	12,015.00	1,498.00	8,332.00	7,943.00	18,113.00	7,850.00
Ica	31,211.00	0.00	14,097.00	171,411.00	240.00	95,441.00	88.00	164.00	0.00	0.00
Junín	0.00	339,703.00	77,024.00	0.00	17,003.00	837.00	11,673.00	22,187.00	0.00	46,692.00
La Libertad	167.00	22,515.00	9,773.00	164,346.00	23,721.00	6,475.00	59,663.00	57,913.00	0.00	215.00
Lambayeque	6,300.00	0.00	23,713.00	7,143.00	5,288.00	11,074.00	1,550.00	20.00	0.00	1,703.00
Lima	4,040.00	0.00	38,936.00	19,517.00	952.00	50,147.00	227.00	164.00	0.00	0.00
Loreto	0.00	17,275.00	19,845.00	0.00	0.00	1,822.00	0.00	0.00	113,321.00	162.00
Madre de Dios	0.00	3,066.00	0.00	0.00	0.00	28.00	0.00	0.00	0.00	14.00
Moquegua	0.00	0.00	764.00	0.00	779.00	183.00	73.00	114.00	0.00	0.00
Pasco	0.00	410.00	12,173.00	0.00	1,832.00	0.00	247.00	182.00	0.00	10,094.00
Piura	1,197.00	0.00	1,845.00	0.00	15,080.00	1,550.00	14,490.00	265.00	0.00	3,044.00
Puno	0.00	20,811.00	88.00	0.00	6,069.00	0.00	1,598.00	28,562.00	0.00	6,940.00
San Martín	113.00	11,712.00	0.00	0.00	0.00	1,432.00	0.00	0.00	381,665.00	82,319.00
Tacna	0.00	0.00	1,649.00	0.00	969.00	7,324.00	53.00	0.00	0.00	0.00
Tumbes	0.00	0.00	1,559.00	0.00	0.00	22.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ucayali	128.00	9,499.00	0.00	0.00	0.00	348.00	0.00	0.00	223,246.00	4,529.00

Fuente: MIDAGRI (2020)

Departamento (t)	Cacao	Alfalfa	Arveja grano Verde	Arveja grano seco	Frijol grano seco	Haba grano seco	Pallar grano seco	Frijol castilla /caupi	Tarwi	Haba grano verde	Soya
Total	107,920.00	6,636,697.00	50,154.00	120,126.00	80,889.00	71,918.00	13,099.00	24,200.00	14,019.00	64,341.00	1,372.00
Amazonas	4,224.00	12,260.00	196.00	1,657.00	6,065.00	121.00	0.00	0.00	75.00	751.00	525.00
Ancash	0.00	223,815.00	1,449.00	2,796.00	1,141.00	1,635.00	58.00	0.00	642.00	455.00	0.00
Apurímac	0.00	105,820.00	2,254.00	3,748.00	5,968.00	5,875.00	3.00	0.00	1,463.00	5,264.00	0.00
Arequipa	0.00	2,919,437.00	126.00	11,156.00	6,501.00	480.00	400.00	0.00	0.00	6,467.00	0.00
Ayacucho	5,544.00	212,956.00	3,973.00	3,517.00	2,129.00	6,621.00	28.00	0.00	360.00	4,071.00	0.00
Cajamarca	1,001.00	170,418.00	14,347.00	18,649.00	15,651.00	3,753.00	0.00	0.00	420.00	2,922.00	11.00
Cusco	10,788.00	142,650.00	3,934.00	2,075.00	2,244.00	18,148.00	0.00	0.00	3,048.00	4,063.00	94.00
Huancavelica	0.00	144,452.00	4,767.00	22,216.00	6,107.00	9,297.00	0.00	0.00	631.00	8,441.00	0.00
Huánuco	6,491.00	17,252.00	1,099.00	11,745.00	5,390.00	2,777.00	0.00	0.00	1,011.00	3,668.00	0.00
Ica	0.00	149,631.00	0.00	344.00	415.00	0.00	6,539.00	406.00	0.00	430.00	0.00
Junín	21,400.00	116,141.00	1,854.00	27,288.00	4,593.00	3,169.00	0.00	0.00	523.00	18,176.00	73.00
La Libertad	27.00	227,535.00	10,209.00	4,098.00	3,053.00	6,171.00	47.00	625.00	4,107.00	1,575.00	0.00
Lambayeque	37.00	84,914.00	594.00	4,121.00	1,978.00	113.00	6,024.00	1,311.00	0.00	65.00	0.00
Lima	0.00	403,244.00	5.00	3,080.00	2,577.00	125.00	0.00	3,692.00	0.00	2,222.00	0.00
Loreto	540.00	0.00	0.00	0.00	4,367.00	0.00	0.00	5,649.00	0.00	0.00	0.00
Madre de Dios	324.00	0.00	0.00	0.00	298.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Moquegua	0.00	434,524.00	0.00	68.00	72.00	214.00	0.00	0.00	0.00	357.00	0.00
Pasco	1,338.00	2,196.00	84.00	2,656.00	1,449.00	756.00	0.00	0.00	46.00	2,090.00	0.00
Piura	658.00	3,182.00	4,113.00	772.00	4,235.00	501.00	0.00	10,851.00	0.00	0.00	543.00
Puno	236.00	1,019,036.00	1,150.00	0.00	527.00	12,162.00	0.00	0.00	1,693.00	2,585.00	37.00
San Martín	45,996.00	0.00	0.00	0.00	3,896.00	0.00	0.00	1,087.00	0.00	0.00	39.00
Tacna	0.00	247,234.00	0.00	140.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	739.00	0.00
Tumbes	694.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	116.00	0.00	0.00	30.00
Ucayali	8,622.00	0.00	0.00	0.00	2,233.00	0.00	0.00	463.00	0.00	0.00	20.00

Fuente: MIDAGRI (2020)

La ecuación 11.7 de las Directrices del IPCC de 2006 se utiliza para el cálculo del rendimiento de materia seca cosechada para cada cultivo, se requiere estimar el rendimiento fresco, el cual se calcula en función a la superficie anual cosechada y la producción anual de los principales cultivos nacionales.

Ecuación N° 11.7. Corrección de peso en seco de los rendimientos de cosecha declarados

$$Cultivo_T = RendimFresco_T * SECO$$

Donde:

- Cultivo_(T) = rendimiento de materia seca cosechada para el cultivo T, kg m.s. ha⁻¹
- Rendim_Fresco_(T) = rendimiento en fresco cosechado para el cultivo T, kg peso fresco ha⁻¹
- SECO = fracción de materia seca del cultivo cosechado T, kg m.s. (kg peso fresco)⁻¹

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Ecuación 11.7. Pág. 11.15

e) Pérdida promedio anual de carbono del suelo para cada tipo de uso de la tierra

Se obtuvo del estudio Superficies de permanencia y conversión del uso de pastizales (hectáreas) a partir de la matriz de uso y cambio de uso de la tierra del RAGEI del sector UTCUTS (MINAM) estimada con información espacial. Se utiliza para estimar el N mineralizado como consecuencia de la pérdida de C del suelo (F_{SOM}), aplicando la Ecuación 11.8.

Ecuación N° 11.8. N mineralizado en suelos minerales debido a pérdida de c del suelo por cambios en el uso o la gestión del suelo

$$F_{SOM} = \sum_{LU} \left[\left(\Delta C_{Minerales, LU} * \frac{1}{R} \right) * 1000 \right]$$

Donde:

- F_{SOM} = 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, kg N
- ΔC_{Minerales, LU} = pérdida promedio anual de carbono del suelo para cada tipo de uso de la tierra (LU), t C
- R = relación C: N de la materia orgánica del suelo
- LU = tipo de uso de la tierra y/o sistema de gestión

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Ecuación 11.8. Pág. 11.16

La Tabla 61 presenta los datos de actividad utilizados para los cálculos.

Tabla 61. Pérdida promedio anual de carbono del suelo para cada tipo de uso de la tierra (LU), 2019

LU	ΔC Minerales, LU (t C año ⁻¹)
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	42.88
Pastizales que permanecen como pastizales	-
Tierras que se convierten a pastizales	-
Asentamientos	-
Otras tierras	-

Fuente: RAGEI UTCUTS 2019 – MINAM.

f) Cantidad anual de nitrógeno de la orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas

El F_{PRP} se estima mediante la ecuación N° 11.5.

Ecuación N° 11.5. N de la orina y el estiércol depositado por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas

$$F_{PRP} = \sum_T [(N_{(T)} * Nex_{(T)}) * MS_{T,PRP}]$$

Donde:

- F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg N año⁻¹
- $N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país
- $Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal⁻¹ año⁻¹
- $MS_{(T,PRP)}$ = fracción del total de la excreción anual de N de cada especie/categoría de ganado T que se deposita en pasturas, prados y praderas

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Ecuación 11.5. Pág. 11.13

La cantidad de cabezas de ganado de la especie de ganado representativo fue obtenida de estadísticas nacionales oficiales del sector Agricultura. La Tabla 62 presenta la población media anual de animales vivos por cada categoría de ganado representativa.

Tabla 62. Población media anual de animales vivos

Tipo de ganado	Población
Vacuno lechero	895,718.00
Otro ganado vacuno	4,639,737.00
Ovino	11,450,659.00
Caprino	1,879,713.00
Caballos	526,290.56
Asnos/Mulas	590,007.71
Porcino	904,700.42
Alpaca	4,319,229.00
Llama	1,105,017.00
Ave	49,559,797.50
Cuyes	3,584,640.10

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de participación de SME según tipo de ganado ha sido recopilado a través de dictamen de expertos, el mismo que se presenta en la Tabla 63.

Tabla 63. Sistemas de manejo de estiércol, 2019

Ganado	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*	79.00	0.00	21.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otro ganado vacuno*	91.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ovino**	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Caprino**	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Caballos**	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Asnos/Mulas**	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porcino**	67.00	0.00	33.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alpaca*	89.00	0.00	11.00	24.00	0.00	0.00	0.00
Llama*	89.00	0.00	11.00	24.00	0.00	0.00	0.00
Ave*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.00	10.00
Cuyes**	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dictamen de Expertos (MIDAGRI 2020) */ Dictamen de expertos (MIDAGRI 2018) **

Fuente: DGAAA-MIDAGRI, 2018, 2020.

6.5.3. Factores de emisión y conversión

A. Factores de emisión

Se aplicaron factores de emisión por defecto establecidos en las Directrices del IPCC de 2006. El detalle sobre los factores de emisión se presenta en la Tabla 64.

Tabla 64. Factores de Emisión de las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados

Factor de Emisión	Emisión directa de N ₂ O de suelos manejados [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]
EF1 para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo.	0.010
EF1FR para arrozales inundado.	0.003
EF3PRP, CPP para vacunos (lecheros y no lecheros, y búfalos), aves de corral y porcinos [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹].	0.020
EF3PRP, SO para ovinos y «otros animales» [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹].	0.010

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

El primer EF (EF₁) se refiere a la cantidad de N₂O emitida por las distintas aplicaciones de N sintético y orgánico a los suelos, incluyendo los residuos agrícolas y la mineralización del carbono orgánico del suelo en suelos minerales debida a cambios en el uso o la gestión de la tierra. El segundo EF (EF₂) se refiere a la cantidad de N₂O emitida desde los suelos orgánicos de una superficie drenada/gestionada, y en el tercero (EF_{3PRP}) se estima la cantidad de N₂O emitida por el N de la orina y el estiércol depositados por los animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas.

B. Factores de conversión

A continuación, se presentan los factores de conversión utilizados.

a) Concentración de nitrógeno por tipo de fertilizante

Para calcular el valor de F_{SN} se requiere conocer la concentración de N por tipo de fertilizante, tal como se presenta en la Tabla 65.

Tabla 65. Concentración de nitrógeno por tipo de fertilizante

Tipo de fertilizante	N en el fertilizante
Urea	46.00%
Fosfato diamónico	18.00%
Sulfato amónico	21.00%
Nitrato amónico	34.00%

Fuente: FAO (s.f.)

b) Factores por defecto para la estimación del N agregado a los suelos a partir de residuos agrícolas

En la Tabla 66 y la Tabla 67 se presenta las variables por defecto que se utilizan para calcular la cantidad de N de residuos agrícolas y renovación de forraje/pasturas.

Tabla 66. Factores por defecto para la estimación del N agregado a los suelos a partir de residuos agrícolas

Cultivos	SECO	Pendiente	Intercepción	NAG	RBG-BIO	NBG
Caña para azúcar	0.900	0.300	0.000	0.015	0.540	0.012
Arroz cáscara	0.890	0.950	2.460	0.007	0.160	0.009
Banana / plátano	0.940	1.070	1.540	0.016	0.200	0.014
Maíz a. duro	0.870	1.030	0.610	0.006	0.220	0.007
Cebolla de cabeza	0.940	1.070	1.540	0.016	0.200	0.014
Quinua	0.880	1.090	0.880	0.006	0.220	0.009
Alcachofa	0.940	1.070	1.540	0.016	0.200	0.014
Algodón	0.940	1.070	1.540	0.016	0.200	0.014
Piña	0.940	1.070	1.540	0.016	0.200	0.014
Maíz choclo	0.870	1.030	0.610	0.006	0.220	0.007
Espárrago	0.940	1.070	1.540	0.016	0.200	0.014
Maíz amiláceo	0.870	1.030	0.610	0.006	0.220	0.007
Tomate	0.940	1.070	1.540	0.016	0.200	0.014
Trigo	0.890	1.510	0.520	0.006	0.240	0.009
Cebada grano	0.890	0.980	0.590	0.007	0.022	0.014
Palma aceitera	0.940	1.070	1.540	0.016	0.200	0.014
Café pergamino	0.940	1.070	1.540	0.016	0.200	0.014
Cacao	0.940	1.070	1.540	0.016	0.200	0.014
Arveja gr. verde	0.900	0.360	0.680	0.010	0.190	0.010
Arveja grano seco	0.900	0.360	0.680	0.010	0.190	0.010
Frijol grano seco	0.900	0.360	0.680	0.010	0.190	0.010
Haba grano seco	0.900	0.360	0.680	0.010	0.190	0.010
Pallar grano seco	0.900	0.360	0.680	0.010	0.190	0.010
Frijol castilla	0.900	0.360	0.680	0.010	0.190	0.010
Tarwi	0.900	0.360	0.680	0.010	0.190	0.010
Haba grano verde	0.900	0.360	0.680	0.010	0.190	0.010
Soya	0.910	0.930	1.350	0.008	0.190	0.008
Papa	0.220	0.100	1.060	0.019	0.200	0.014
Yuca	0.220	0.100	1.060	0.019	0.200	0.014
Camote	0.220	0.100	1.060	0.019	0.200	0.014
Alfalfa	0.900	0.290	0.000	0.270	0.400	0.019

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 - Volumen 4 - Capítulo 11 - Cuadro 11.2

Tabla 67. Periodos vegetativos (años)

Cultivos	Años	Fuente
Cultivos anuales	1.00	Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 11. pag 11.15
Palma aceitera	25.00	https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/Cartilla-de-difusion-Palma.pdf
Café pergamino	30.00	Benito, J. 2009. Manejo Integral Del cultivo de café. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Innovación Agraria -INIA. Lima, Perú. Serie Folleto N° 5 -09.
Cacao	50.00	Benito, J. 2009. Manejo Integral Del cultivo de cacao. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Innovación Agraria -INIA. Lima, Perú. Serie Folleto N° 4 -09.
Alfalfa	6.00	http://www.agrolibertad.gob.pe/sites/default/files/Cultivo-alfalfa.pdf

Fuente: Elaboración propia

c) Tasas anuales promedio de excreción de nitrógeno, $N_{ex(T)}$

Las tasas de excreción de N por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 se aplican a subcategorías de ganado de diversas edades y etapas de crecimiento empleando el promedio típico de masa animal (TAM) para cada especie de ganado, y se calcula con la ecuación N° 10.30.

Ecuación N° 10.30. Tasas de excreción anual de N

$$N_{ex_T} = N_{índice(T)} * \frac{TAM}{1000} * 365$$

Donde:

- $N_{ex(T)}$ = excreción anual de N para la categoría de ganado T, kg N animal⁻¹ año⁻¹
 - $N_{índice(T)}$ = tasa de excreción de N por defecto, kg N (1000 kg masa animal)⁻¹ día⁻¹ (véase el Cuadro 10.19 del volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006)
 - $TAM_{(T)}$ = masa animal típica para la categoría de ganado T, kg animal⁻¹
- Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Ecuación 10.30. Pág. 10.57

Los valores de la masa típica animal (TAM) específicos del país y por defecto se presentan en la Tabla 68.

Tabla 68. Masa animal típica (kg/animal) o peso vivo

Tipo de ganado	TAM (kg/animal)	Fuente de información
Vacuno lechero	520.00	Dictamen de expertos (MIDAGRI 2020)
Otro ganado vacuno	306.21	
Ovino	25.61	Grupo técnico de trabajo INFOCARBONO
Caprino	30.00	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10. Anexo 10A.2-Tabla 10A-9
Caballos	238.00	
Asnos/Mulas	130.00	
Porcino	28.00	
Alpaca	52.00	Grupo técnico de trabajo INFOCARBONO
Llama	100.1	
Ave	3.92	Dictamen de expertos (MIDAGRI 2020)
Cuyes	0.69	FAO-Zaldivar (1997)
Conejos	1.60	Dictamen de expertos (MIDAGRI 2020)

Fuente: Elaboración propia

Las Directrices del IPCC de 2006 no proporcionan tasas de excreción de nitrógeno por defecto para llamas, alpacas y cuyes. Por ello, se utiliza la fórmula de caracterización de ganado sin métodos de estimación de emisiones específicas para estimarlos (Ecuación S/N. Capítulo 10. Pág. 10.25. Directrices del IPCC de 2006). En ese sentido, se estimaron tasas aproximadas de excreción de N del manejo de estiércol para camélidos (llamas, alpacas) y cuyes a partir de las tasas de excreción de N que proporcionan las Directrices del IPCC de 2006 de las ovejas y los conejos, respectivamente. La Tabla 69 presenta los valores de N_{ex} y $N_{índice}$ por tipo de ganado.

Tabla 69. Tasas de excreción anual de nitrógeno por defecto [(1000 kg animal)⁻¹ día⁻¹]

Ganado	N índice(T)	$N_{ex(T)}$	Fuente de información
Vacuno lechero	0.48	91.10	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, cuadro 10.23
Otro ganado vacuno	0.36	40.24	
Ovino	1.17	10.94	
Caprino	1.37	15.00	

Ganado	N índice(T)	Nex(T)	Fuente de información
Caballos	0.46	39.96	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, cuadro 10.25
Asnos/Mulas	0.46	21.83	
Porcino	1.64	16.76	
Ave	0.82	1.17	
Cuyes	4.32	1.09	
Alpaca	1.99	37.77	
Llama	3.25	118.83	

Fuente: Elaboración propia

Para expresar las emisiones de óxido nitroso en CO₂eq se utilizó el GWP proporcionado por el IPCC en el AR5. El valor utilizado se presenta en la Tabla 70.

Tabla 70. GWP utilizado para el óxido nitroso

Gas	GWP
Óxido nitroso	265

Fuente: IPCC 2013

6.5.4. Análisis de incertidumbre

La incertidumbre de los datos de actividad de la subcategoría estuvo basada en dictamen de expertos. Mientras que, para la incertidumbre de los factores de emisión, se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC del 2006.

Los valores de incertidumbre combinada para óxido nitroso son descritos en la Tabla 71. El único valor resultante para la incertidumbre combinada fue del 77.63%.

Tabla 71. Incertidumbre de las emisiones de óxido nitroso provenientes de las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados

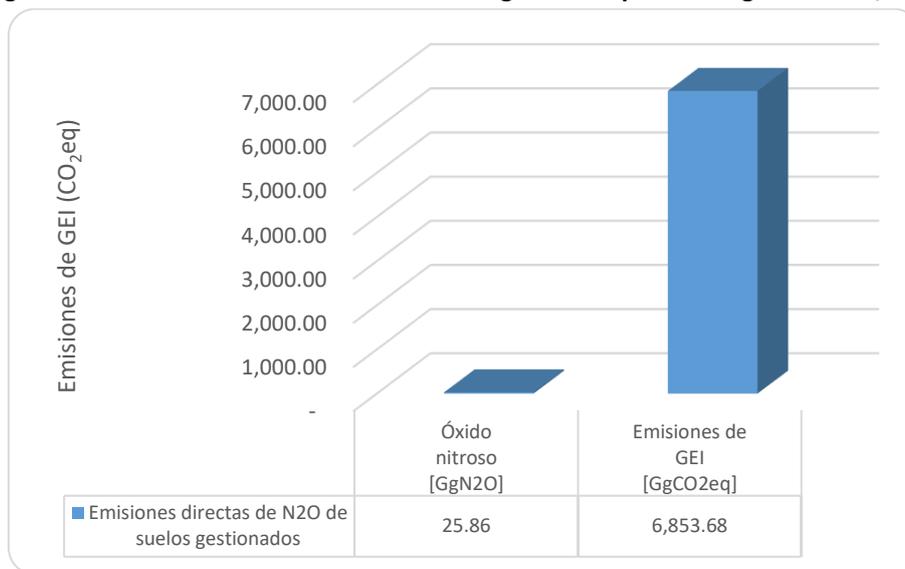
Código	Fuente	Gas	Estimaciones de GEI año t	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada GgCO ₂ eq	Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2+F^2}$ %
3C4	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O	6,853.68	16.85	75.78	77.63

Fuente: Elaboración propia

6.5.5. Análisis de resultados

En el año 2019, las emisiones directas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados fueron de 25.86 GgCH₄ que equivalen a 6,853.68 GgCO₂eq (Figura 21) representado el 24.07% de las emisiones del sector.

Figura 21. Emisiones directas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados, 2019



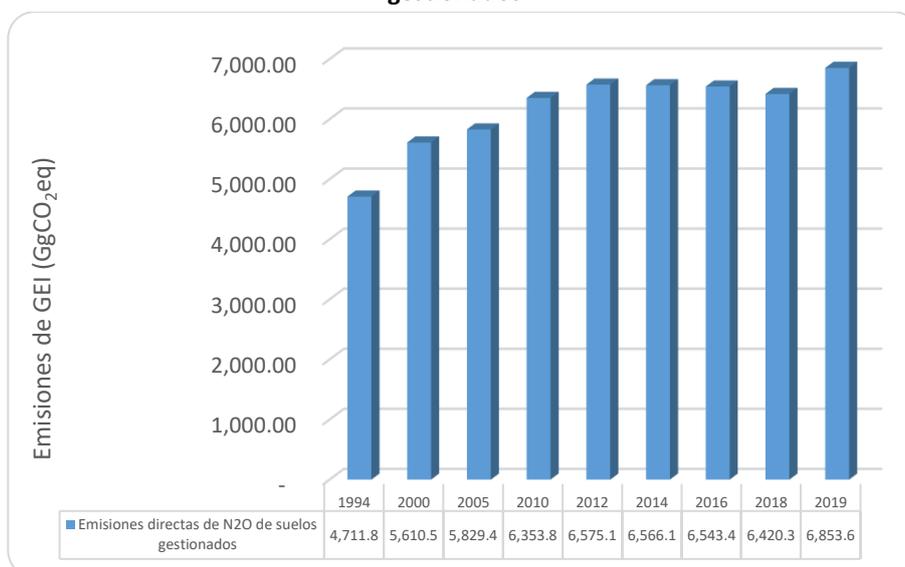
Fuente: Elaboración propia

6.5.6. Actualización de la serie temporal

El RAGEI 2019 presenta una serie temporal de las emisiones de GEI para los años 1994, 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 y 2019, estimadas con la misma metodología y fuentes de información.

En la Figura 22 se aprecia que las emisiones del año 2019 aumentaron en 45.46% respecto a 1994, y en 6.75% respecto al año 2018.

Figura 22. Evolución de las emisiones de GEI de la categoría emisiones directas de N₂O de suelos gestionados



Fuente: Elaboración propia

6.6. Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados (3C5)

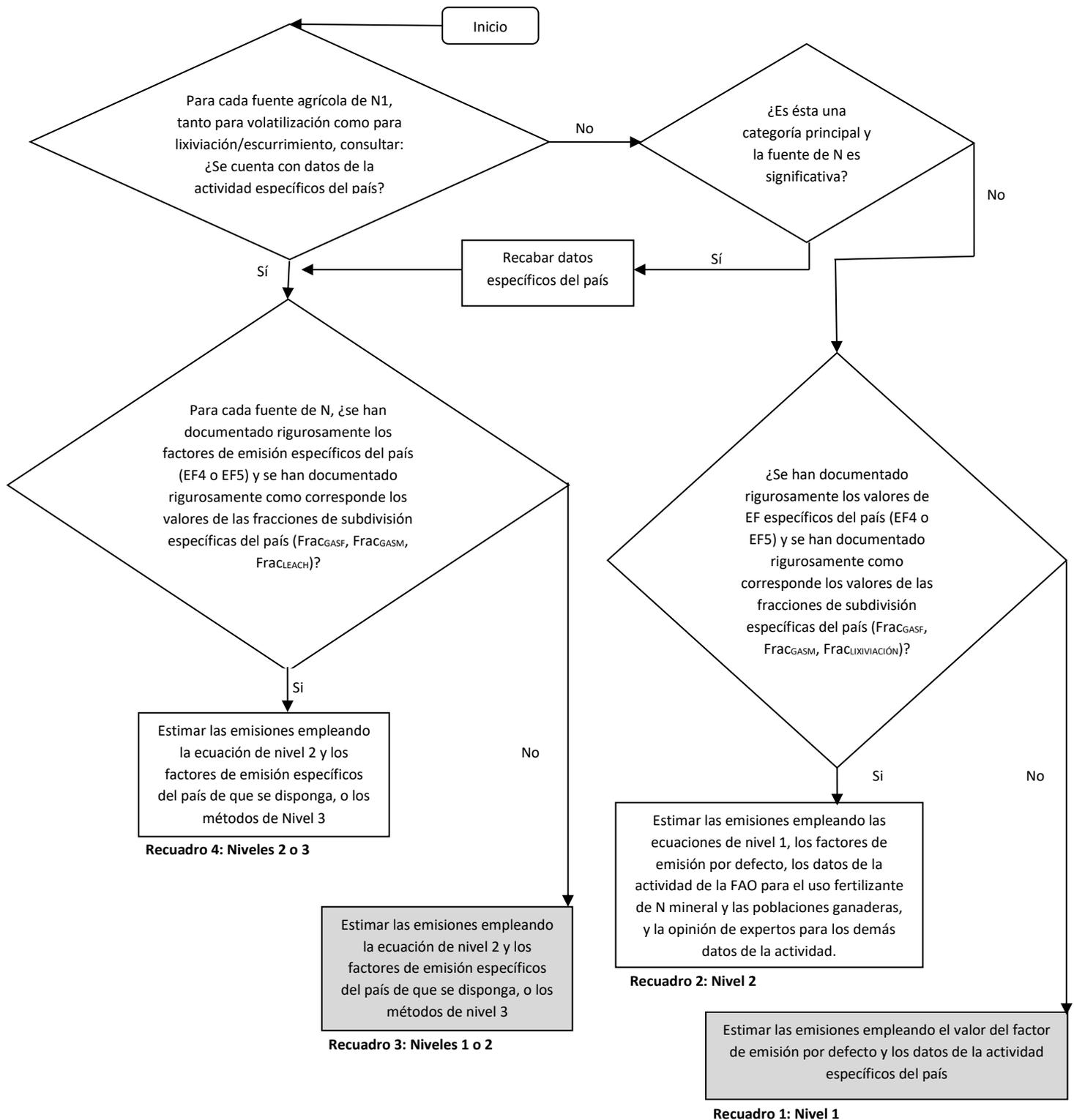
6.6.1. Método de cálculo

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

- Nivel 1: Estima las emisiones empleando 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 Figura 23 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 23. Árbol de decisión de emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 11, página 11.20

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

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

Las emisiones de N₂O de suelos gestionados es una categoría principal, sin embargo, por falta de información se decidió estimar las emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados usando el método de nivel 1. Las ecuaciones aplicadas se presentan a continuación:

Ecuación N° 11.9. N₂O producido por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados

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

Donde:

N ₂ O _(ATD) -N	=	cantidad anual de N ₂ O-N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados, kg N ₂ O-N año ⁻¹
F _{SN}	=	cantidad anual de N de fertilizante sintético aplicado a los suelos, kg N año ⁻¹
Frac _{GASF}	=	fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH ₃ y NO _x , kg N volatilizado (kg de N aplicado) ⁻¹
F _{ON}	=	cantidad anual de estiércol animal gestionado, <i>compost</i> , lodos cloacales y otros agregados de N orgánico, aplicado a los suelos, kg N año ⁻¹
F _{PRP}	=	cantidad anual de N de la orina
Frac _{GASM}	=	fracción de materiales fertilizantes de N orgánico (F _{ON}) y de N de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo (F _{PRP}) que se volatiliza como NH ₃ y NO _x , kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado) ⁻¹
EF ₄	=	factor de emisión correspondiente a las emisiones de N ₂ O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N-N ₂ O (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) ⁻¹] (

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 11, ecuación 11.9, página 11.21

Ecuación N° 11.10. N₂O producido por deposición atmosférica de n volatilizado de suelos gestionados

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

Donde:

N ₂ O _(L) -N	=	cantidad anual de N ₂ O-N producida por lixiviación y escurrimiento de agregados de N a suelos gestionados en regiones donde se producen estos fenómenos, kg N ₂ O-N año ⁻¹
F _{SN}	=	cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año ⁻¹
F _{ON}	=	cantidad anual de estiércol animal gestionado, <i>compost</i> , lodos cloacales y otros agregados de N orgánico, aplicado a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año ⁻¹
F _{PRP}	=	cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año ⁻¹
F _{CR}	=	cantidad de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devuelta a los suelos anualmente en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año ⁻¹
F _{SOM}	=	cantidad anual de N mineralizado en suelos minerales relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo, como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año ⁻¹
Frac _{LIXIVIACIÓN-(H)}	=	fracción de todo el N agregado a/mineralizado en suelos gestionados en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N (kg de agregados de N) ⁻¹
EF ₅	=	factor de emisión para emisiones de N ₂ O por lixiviación y escurrimiento de N, kg N ₂ O-N (kg N por lixiviación y escurrido) ⁻¹

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 11, ecuación 11.10, página 11.21

6.6.2. Datos de actividad

La Tabla 72 presenta la información utilizada para estimar las emisiones indirectas de N₂O provenientes de suelos gestionados.

Tabla 72. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones indirectas de óxido nitroso (N₂O) provenientes de suelos gestionados

Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
Cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizantes sintético	Cantidad Anual de Importaciones de Principales Fertilizantes Nitrogenados	toneladas	MIDAGRI (2020). Anuarios estadísticos de insumos y servicios agropecuarios. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/7-insumos-servicios-agropecuarios	Se utiliza para determinar el contenido de N en los fertilizantes
Cantidad anual de N en residuos agrícolas	Superficie Anual de principales cultivos por departamento	hectáreas	MIDAGRI (2020). Anuario estadístico de producción agrícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/4-agricola	Se utiliza para determinar de N de residuos agrícolas
	Producción Anual de principales cultivos por departamento (toneladas)	toneladas		
	Total de superficie anual quemada del cultivo T	ha		
N mineralizado/ inmovilizado asociado a cambios en materia orgánica del suelo debido a cambios en el uso de la tierra	Pérdida promedio anual de carbono del suelo por tipo de uso de la tierra	toneladas	RAGEI UTCUTS - Pérdida promedio anual de carbono del suelo para cada tipo de uso de la tierra (LU) a partir de la matriz de uso y cambio de uso de la tierra	Se utilizan para el cálculo de la cantidad neta anual de N mineralizado en suelos minerales debido a la pérdida de carbono del suelo por cambios de uso de tierras
Superficie de suelos orgánicos	NE	NE	NE	Se utiliza para determinar la superficie total anual de suelos orgánicos / drenados gestionados
Cantidad anual de N por deposición de heces y orina de animales en suelos bajo pastoreo	Población Anual de animales vivos por departamento	cabezas	MIDAGRI (2020). Anuario Estadístico de producción ganadera y avícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/5-ganadera-avicola	Se utiliza para determinar la cantidad anual de N de estiércol animal aplicada a los suelos y la cantidad anual de N de la orina y

Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
			Propuesta de cálculo para la población de equinos y burros, burras, mulas y cuyes y la superficie de pastos naturales. Orden de servicio N° 2019- 1187. Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios.	el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo
	Población Anual de vacas en ordeño por departamento	cabezas	MIDAGRI (2020). Anuario estadístico de producción ganadera y avícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/5-ganadera-avicola	
	Sistemas de Manejo de Estiércol del ganado por especie	%	Dictamen de expertos MIDAGRI (2020) Dictamen de expertos MIDAGRI (2018)	Se utiliza para determinar cantidad de nitrógeno de estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados por sistema de manejo de estiércol

Fuente: Elaboración propia.

Para las emisiones indirectas de N₂O de los diferentes agregados de N a los suelos gestionados, es necesario estimar los parámetros F_{SN}, F_{ON}, F_{PRP}, F_{CR} y F_{SOM}.

a) Fertilizante sintético aplicado (F_{SN})

Se refiere a la cantidad anual de N de fertilizante sintético aplicado a los suelos.

b) Fertilizantes de N orgánico-aplicados (F_{ON})

Se refiere a la cantidad de fertilizantes de N orgánico que se aplica intencionalmente a los suelos.

c) Orina y estiércol de animales de pastoreo (F_{PRP})

Se refiere a la cantidad de N depositado en el suelo por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas.

d) N de residuos agrícolas, incluyendo el N de cultivos fijadores de N y renovación de forraje/pasturas, devuelto a los suelos (F_{CR})

Se refiere a la cantidad de N contenida en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo cultivos fijadores de N, que se devuelve a los suelos anualmente. También incluye el N de forrajes fijadores y no fijadores de N que se mineraliza durante la renovación del forraje o las pasturas.

e) N mineralizado resultante de la pérdida de existencias de C orgánico del suelo en suelos minerales (F_{SOM})

Se refiere a la cantidad de N mineralizado de la pérdida de C orgánico del suelo en suelos minerales por cambios en el uso de la tierra o prácticas de gestión.

Al requerir los mismos datos de actividad que la categoría emisiones directas de N₂O de suelos gestionados, la información utilizada ha sido detallada en la sección de datos de la actividad respecto a las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados (sección 6.2.3.2).

6.6.3. Factores de emisión y conversión

A. Factores de emisión

Se aplicaron factores de emisión por defecto establecidos en las Directrices del IPCC de 2006. El detalle sobre los factores de emisión se presenta en la Tabla 73.

Tabla 73. Factores de emisión de las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados

Factor de Emisión	Emisión indirecta de N ₂ O de suelos manejados [kg N ₂ O–N (kg N) ⁻¹]	Fuentes de información
EF4 (volatilización y re-deposición de N), kg N ₂ O–N (kg NH ₃ –N + NOX–N volatilizado) ⁻¹	0.010	Directrices del IPCC de 2006*. Volumen 4, capítulo 11, cuadro 11.3.
EF5 [lixiviación/escorrimento], kg N ₂ O–N (kg N lixiviación/escorrimento) ⁻¹	0.011	Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de

Factor de Emisión	Emisión indirecta de N ₂ O de suelos manejados [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	Fuentes de información
Frac _{GASF} [Volatilización de fertilizante sintético], (kg NH ₃ -N + NO _x -N) (kg N aplicado) ⁻¹	0.110	2006*. Volumen 4, capítulo 11, cuadro 11.3.
Frac _{GASM} [Volatilización de todos los fertilizantes de N orgánicos aplicados, y de estiércol y orina depositados por animales en pastoreo], (kg NH ₃ -N + NO _x -N) (kg N aplicado o depositado) ⁻¹	0.210	
Frac _{CLEACH-(H)} [N losses by leaching/runoff in wet climates], kg N (kg N additions or deposition by grazing animals) ⁻¹	0.240	

*Se emplearon factores del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006, por considerarse más actualizadas y adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006; Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

B. Factores de conversión

Para expresar las emisiones de óxido nitroso en CO₂eq se utilizó el GWP proporcionado por el IPCC en el AR5. El valor utilizado se presenta en la Tabla 74.

Tabla 74. GWP utilizado para el óxido nitroso

Gas	GWP
Óxido nitroso	265

Fuente: IPCC 2013

6.6.4. Análisis de Incertidumbre

La incertidumbre de los datos de actividad de la subcategoría estuvo basada en dictamen de expertos, mientras que, para la incertidumbre de los factores de emisión, se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC del 2006.

Los valores de incertidumbre combinada para óxido nitroso son descritos en la Tabla 75. El único valor resultante para la incertidumbre combinada fue del 152.46%.

Tabla 75. Incertidumbre de las emisiones de óxido nitroso provenientes de las emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados

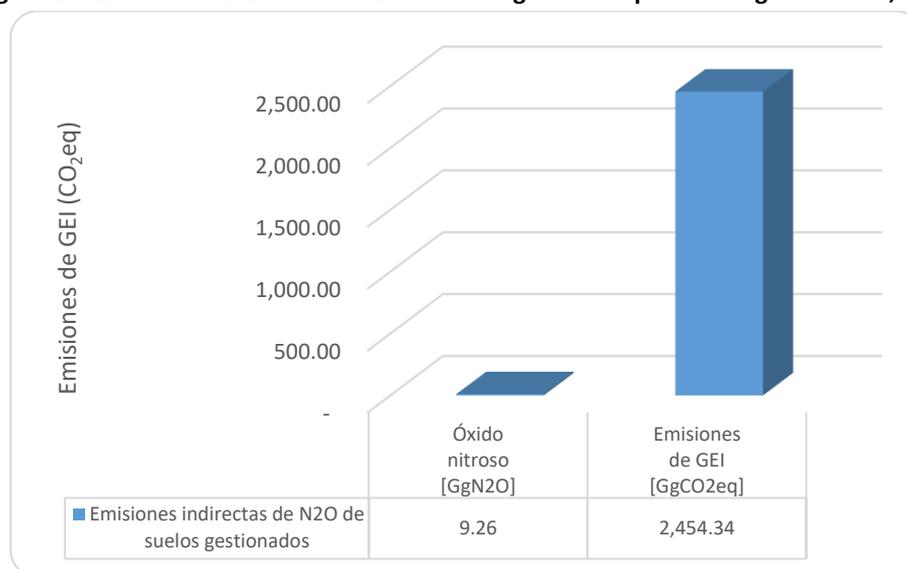
Código	Fuente	Gas	Estimaciones de GEI año t	Incertidumbre en los datos de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada GgCO ₂ eq	Datos de entrada %	Datos de entrada %	$\sqrt{E^2+F^2}$ %
3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O	2,454.34	16.85	151.52	152.46

Fuente: Elaboración propia.

6.6.5. Análisis de resultados

En el año 2019, las emisiones indirectas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados fueron de 9.26 GgCH₄ que equivalen a 2,454.34 GgCO₂eq (Figura 24), que representa el 8.62% de las emisiones del sector.

Figura 24. Emisiones indirectas de óxido nitroso generadas por suelos gestionados, 2019

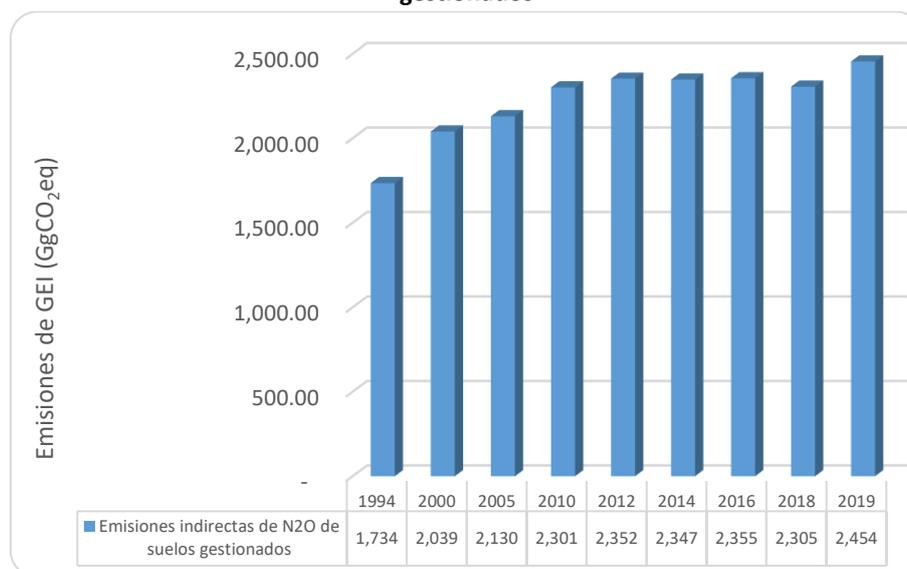


Fuente: Elaboración propia

6.6.6. Actualización de la serie temporal

El RAGEI 2019 presenta una serie temporal de las emisiones de GEI para los años 1994, 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 y 2019, estimadas con la misma metodología y fuentes de información. En la Figura 25 se aprecia que las emisiones del año 2019 aumentaron en 45.46% respecto a 1994, y en 6.46% respecto a 2018.

Figura 25. Evolución de las emisiones de GEI de la categoría emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados



Fuente: Elaboración propia.

6.7. Emisiones indirectas de N₂O por manejo de estiércol (3C6)

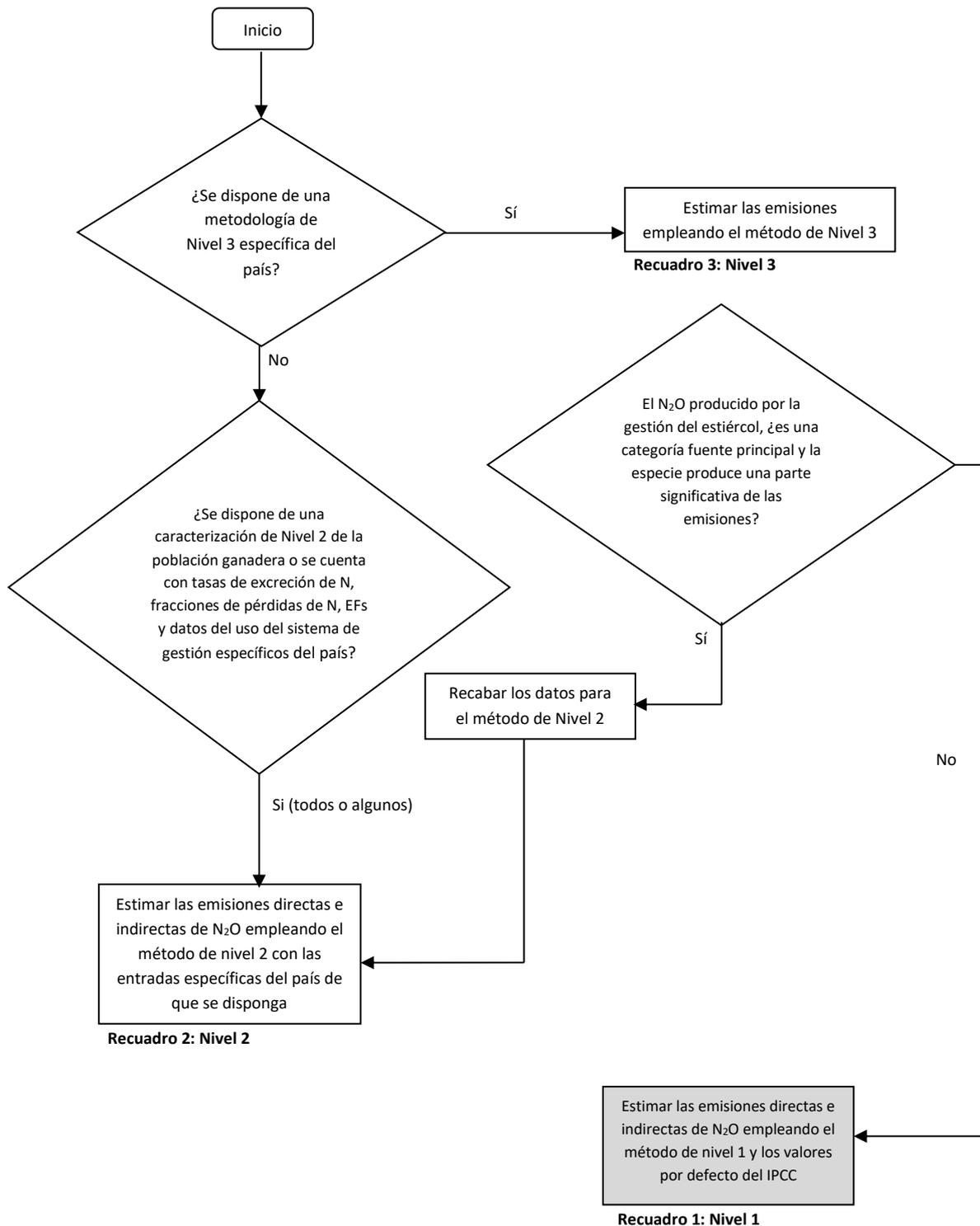
6.7.1. Método de cálculo

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 Figura 26 presenta el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones indirectas de N₂O procedentes de los sistemas de manejo del estiércol.

Figura 26. Árbol de decisión de emisiones indirectas de N₂O por manejo de estiércol



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, página 10.55

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

- No se dispone de datos específico del país.
- No es una categoría principal por lo cual se emplea un método de cálculo 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.

La ecuación aplicada para estimar las emisiones indirectas de N₂O procedentes de la gestión del estiércol es la N° 10.28:

Ecuación N° 10.28. Emisiones indirectas de N₂O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{volatilización-MMS} * EF_4) * \frac{44}{28}$$

Donde:

N₂O_{G(mm)} = emisiones indirectas de N₂O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol del país, kg N₂O año⁻¹

EF₄ = factor de emisión para emisiones de N₂O resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua, kg N₂O-N (kg NH₃-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹; el valor por defecto es 0,01 kg N₂O-N (kg NH₃-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹

44/28 = conversión de emisiones de (N₂O-N)_(mm) a emisiones de N₂O_(mm)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, ecuación 10.28, página 10.56

6.7.2. Datos de actividad

La Tabla 76 presenta los datos de actividad para estimar las emisiones indirectas de N₂O provenientes del manejo de estiércol.

Tabla 76. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones indirectas de óxido nitroso (N₂O) provenientes del manejo de estiércol

Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
Población media anual de animales vivos	Población Anual de animales vivos por departamento	cabezas	MIDAGRI (2020). Anuario Estadístico de producción ganadera y avícola 2019. Recuperado de: https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/5-ganadera-avicola	Las cabezas de ganado sirven para que, una vez multiplicados por su respectivo factor de emisión, se determinen las emisiones de GEI por cada tipo de ganado.
	Población Anual de vacas en ordeño por departamento	cabezas	Propuesta de cálculo para la población de equinos y burros, burras, mulas y cuyes y la superficie de pastos naturales. Orden de servicio N° 2019- 1187. Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios. MIDAGRI	
Sistemas de Manejo de Estiércol del ganado	Sistemas de Manejo de Estiércol del ganado por especie	%	MIDAGRI (2020). Dictamen de Expertos	Se utiliza para determinar el nitrógeno total excretado por cada sistema de manejo de estiércol y el factor de emisión de N ₂ O a utilizar

Fuente: Elaboración propia.

La información utilizada se detalla a continuación:

a) Población media anual de animales vivos

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, en lo posible, se utilizaron datos de la población obtenidos de estadísticas nacionales oficiales del sector Agricultura. Para las especies caballos, asnos/mulas y cuyes, se utilizó una proyección calculada por el MIDAGRI en base a datos de los censos de 1994 y 2012. La población media anual de animales vivos se presenta en la Tabla 77.

Tabla 77. Población media anual según tipo de ganado

Tipo de ganado	Población
Vacuno lechero	905,818.00
Otro ganado vacuno	4,694,075.00
Ovinos	11,371,639.00
Caprinos	1,801,882.00
Caballos	478,241.72
Asnos/Mulas	541,066.21
Porcinos	940,552.03
Alpacas	4,456,049.00
Llamas	1,095,921.00
Aves	52,662,900.84
Cuyes	3,971,222.85

Fuente: Elaboración propia

b) Sistemas de Manejo de Estiércol

Por dictamen de expertos, se ha recabado información sobre la porción de estiércol que se gestiona en cada sistema de gestión del estiércol para cada una de las categorías de ganado representativas, la cual es definida como la fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado (T) que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol (S) en el país ($MS_{(T,S)}$).

La Tabla 78 presenta el porcentaje de participación de SME según tipo de ganado.

Tabla 78. Sistemas de Manejo de Estiércol, 2019

Ganado	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*	79.00%	0.00%	21.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Otro ganado vacuno*	91.00%	0.00%	9.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Ovino**	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Caprino**	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Caballos**	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Asnos/Mulas**	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Porcino**	67.00%	0.00%	33.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Alpaca*	89.00%	0.00%	11.00%	24.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Llama*	89.00%	0.00%	11.00%	24.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Ave*	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	90.00%	10.00%
Cuyes**	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Dictamen de Expertos (MIDAGRI 2020) *; Dictamen de expertos (MIDAGRI 2018) **

6.7.3. Factores de emisión y conversión

A. Factores de emisión

Se aplicaron factores de emisión por defecto establecidos en las Directrices del IPCC de 2006. El detalle sobre los factores de emisión se presenta en la Tabla 79.

Tabla 79. Factores de Emisión de las emisiones indirectas de óxido nitroso del manejo de estiércol

Factor de Emisión	Emisión indirecta de N ₂ O de la gestión del estiércol [kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹]	Fuente de información
EF ₄ (volatilización y re-deposición de N), kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) ⁻¹	0.010	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 11, cuadro 11.3

Fuente: Directrices del IPCC de 2006

La Tabla 80 presenta los valores de pérdida de nitrógeno debido a volatilización de NH₃ y NO_x por el manejo del estiércol, tomados de las Directrices del IPCC.

Tabla 80. Valores por defecto para la pérdida de nitrógeno debido a 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
Ganado vacuno lechero	7.00%	30.00%	-	-	-
Otro ganado vacuno	-	45.00%	-	-	-
Ovino	-	12.00%	-	-	-
Caprino	-	12.00%	-	-	-
Caballos	-	12.00%	-	-	-
Asnos/Mulas	-	12.00%	-	-	-
Porcino	-	45.00%	-	-	-
Alpaca	-	12.00%	-	-	-
Llama	-	12.00%	-	-	-
Ave	-	-	-	40.00%	55.00%
Cuyes	-	12.00%	-	-	-

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 10, cuadro 10.22

La Tabla 81 presenta los valores del total de pérdida de nitrógeno producida por la gestión del estiércol tomados de las Directrices del IPCC.

Tabla 81. Valores por defecto del total de pérdida de nitrógeno producida por 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 (%)
Ganado vacuno lechero	22.00%	40.00%	-	-	-
Otro ganado vacuno	-	50.00%	-	-	-
Ovino	-	15.00%	-	-	-
Caprino	-	15.00%	-	-	-
Caballos	-	15.00%	-	-	-
Asnos/Mulas	-	15.00%	-	-	-

Ganado	Distribución diaria (%)	Almacenaje de sólidos (%)	Parcelas secas (%)	Estiércol de aves de corral con cama (%)	Estiércol de aves de corral sin cama (%)
Porcino	-	50.00%	-	-	-
Alpaca	-	15.00%	-	-	-
Llama	-	15.00%	-	-	-
Ave	-	-	-	50.00%	55.00%
Cuyes	-	15.00%	-	-	-

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.23

B. Factores de conversión

Para expresar las emisiones de óxido nitroso en CO₂eq se utilizó el GWP proporcionado por el IPCC en el AR5. El valor utilizado se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 82. GWP utilizado para el óxido nitroso

Gas	GWP
Óxido nitroso	265

Fuente: IPCC 2013.

6.7.4. Análisis de Incertidumbre

La incertidumbre de los datos de actividad de la subcategoría emisiones indirectas de N₂O por manejo de estiércol, estuvo basada en dictamen de expertos. Mientras que, para la incertidumbre de los factores de emisión, se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC del 2006.

Los valores de incertidumbre combinada para óxido nitroso son descritos en la Tabla 83. El único valor resultante para la incertidumbre combinada fue del 240.04%.

Tabla 83. Incertidumbre de las emisiones de óxido nitroso provenientes de las emisiones indirectas de N₂O por manejo de estiércol

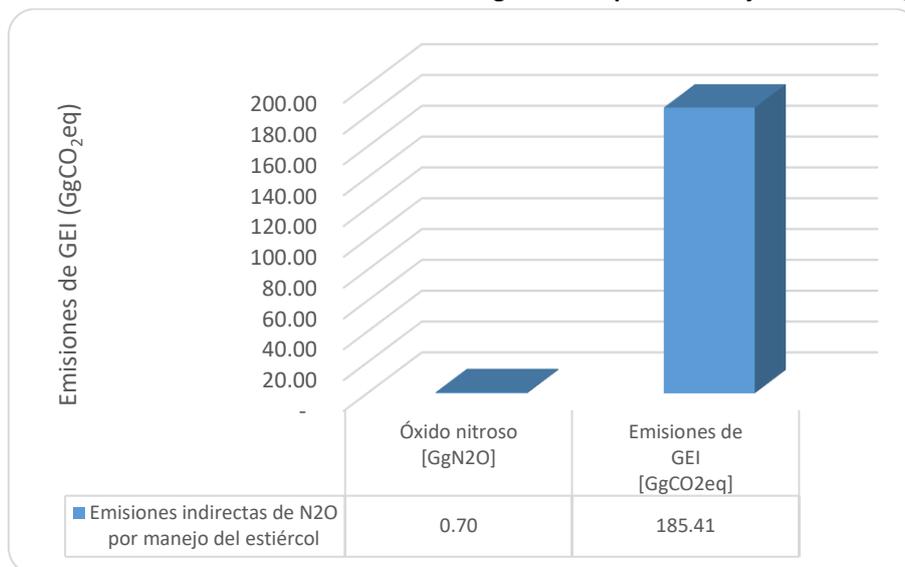
Código	Fuente	Gas	Estimaciones de GEI año t	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada	Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{(E^2+F^2)}$
			GgCO ₂ eq	%	%	%
3C6	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O	185.41	4.21	240.00	240.04

Fuente: Elaboración propia.

6.7.5. Análisis de resultados

En el año 2019, las emisiones indirectas de óxido nitroso generadas por el manejo de estiércol fueron de 0.70 GgN₂O que equivalen a 185.41 GgCO₂eq (Figura 27), que representa el 0.65% de las emisiones del sector.

Figura 27. Emisiones indirectas de óxido nitroso generadas por el manejo de estiércol, 2019

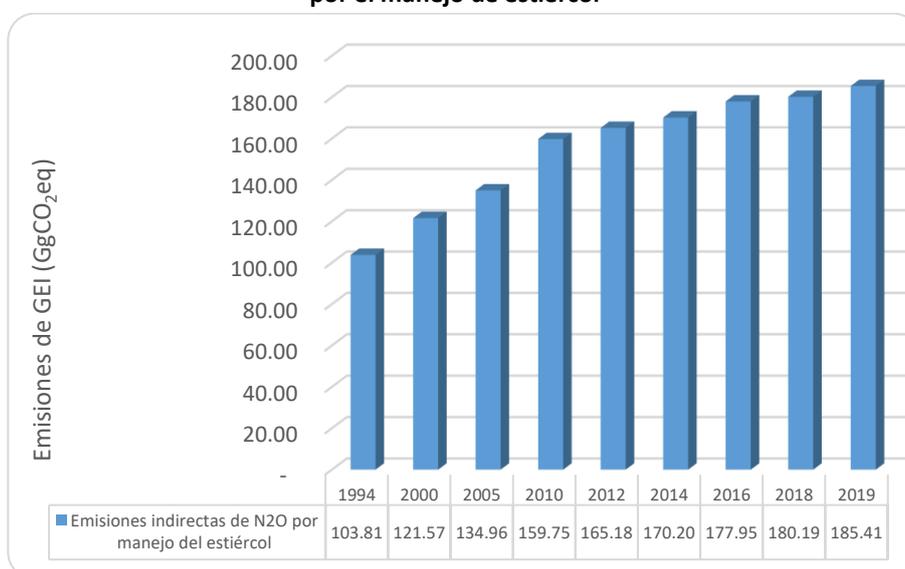


Fuente: Elaboración propia

6.7.6. Actualización de la serie temporal

El RAGEI 2019 presenta una serie temporal de las emisiones de GEI para los años 1994, 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 y 2019, estimadas con la misma metodología y fuentes de información. En la Figura 28 se aprecia que las emisiones del año 2019 aumentaron en 78.60% respecto a 1994, y en 2.89% respecto a 2018.

Figura 28. Evolución de las emisiones de GEI de la categoría emisiones indirectas de N₂O generadas por el manejo de estiércol



Fuente: Elaboración propia

6.8. Cultivos de arroz (3C7)

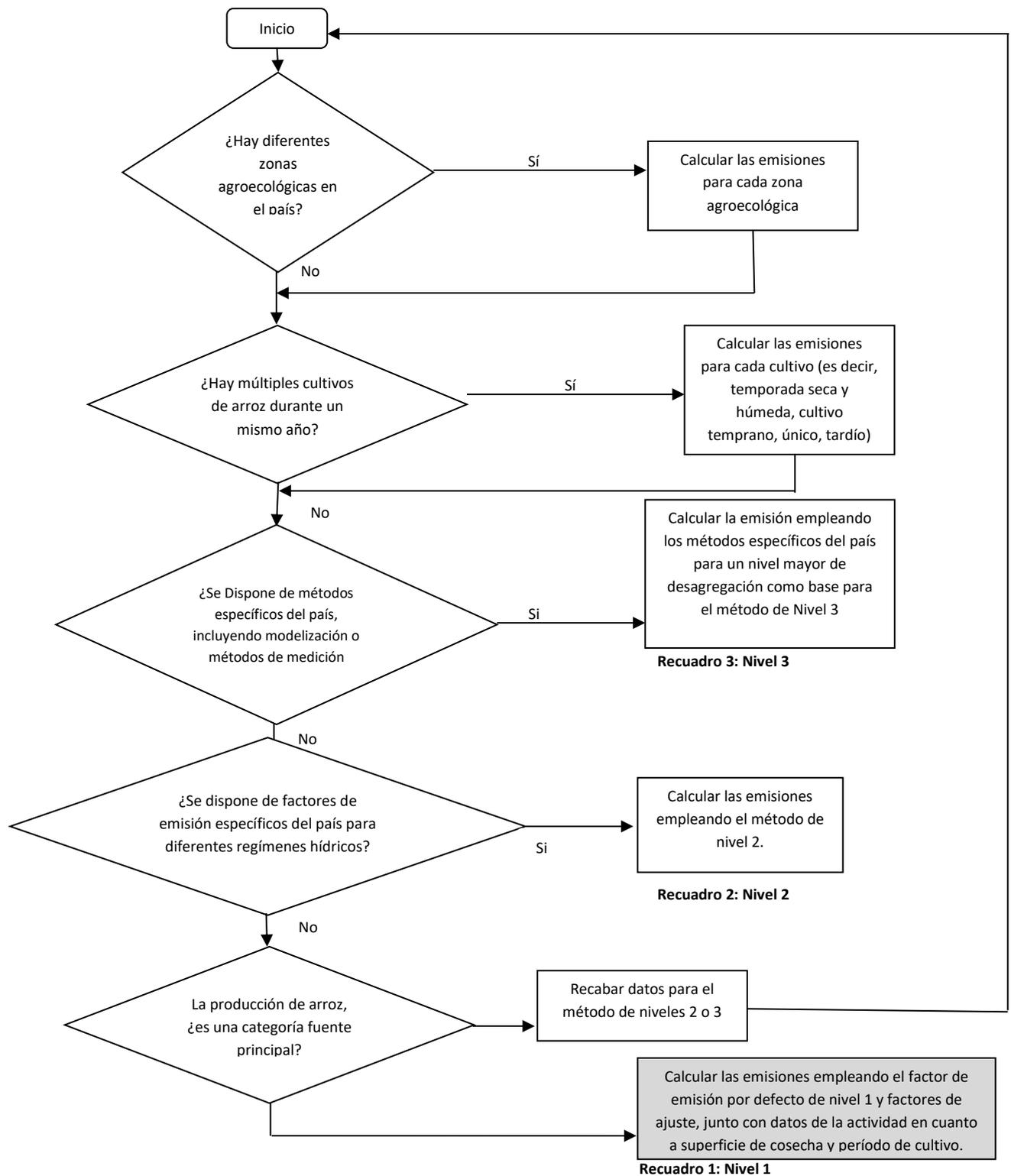
6.8.1. Método de cálculo

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

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

La Figura 29 presenta el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006, para estimar las emisiones de metano procedentes de la descomposición anaeróbica de material orgánico en los arrozales inundados.

Figura 29. Árbol de decisión para las emisiones de CH₄ de la producción de arroz



Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen4, capítulo 5, página 5.47.

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

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

Las emisiones de metano por el cultivo de arroz es una categoría principal, sin embargo, por falta de información se decidió estimar las emisiones usando el método de nivel 1.

Considerando que las condiciones naturales y la gestión agrícola de la producción de arroz pueden ser muy variables dentro de un mismo país, se aplica la ecuación N° 5.1 para estimar las emisiones de metano procedentes de cultivos de arroz.

Ecuación N° 5.1. Emisiones de CH₄ producidas por el cultivo del arroz

$$CH_4 \text{ Rice} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} * t_{i,j,k} * A_{i,j,k} * 10^{-6})$$

Donde:

- CH₄ Rice = emisiones anuales de metano producidas por el cultivo del arroz, Gg CH₄ año⁻¹
 EF_{i,j,k} = un factor de emisión diario para las condiciones i, j y k, kg CH₄ ha⁻¹ día⁻¹
 t_{i,j,k} = período de cultivo del arroz para las condiciones i, j y k, días
 A_{i,j,k} = superficie de cosecha anual de arroz para las condiciones i, j, y k, ha año⁻¹
 i, j y k = representan los diferentes ecosistemas, regímenes hídricos, tipo y cantidad de abonos orgánicos y otras condiciones bajo las cuales pueden variar las emisiones de CH₄ producidas por el arroz.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4, capítulo 5, ecuación 5.1, página 5.45

6.8.2. Datos de actividad

La Tabla 84 presenta los datos de actividad requeridos y las fuentes de información para el cálculo de emisiones de metano provenientes de cultivo de arroz.

Tabla 84. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones de metano (CH₄) provenientes de cultivos de arroz.

Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Unidad	Fuente de información	Uso de la información
Superficie cosechada anual	Superficie cosechada anual por departamento	hectáreas	MIDAGRI (2020). Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2019	Junto con el periodo de cultivo, se utiliza para determinar las emisiones de GEI de los cultivos de arroz
Período de cultivo de arroz.	Periodo de cultivo de arroz según zona de producción	Días	MIDAGRI (2022). Dictamen de Expertos	
Tipo de régimen de agua a nivel nacional y su participación a nivel nacional	Participación de los cultivos por tipos de sistemas de riego para el cultivo de arroz	%	MIDAGRI (2022). Dictamen de Expertos	

Fuente: Elaboración propia

La información utilizada se detalla a continuación:

a) Superficie total anual de cosecha de cultivo de arroz

La Tabla 85 presenta La superficie anual del cultivo de arroz que se obtuvo de estadísticas oficiales del sector Agricultura.

Tabla 85. Superficie Anual de cultivo de arroz por departamento en hectáreas, 2019

Departamento	Total (ha)
Nacional	414,401.30
Amazonas	52,156.00
Ancash	5,520.00
Apurímac	
Arequipa	20,147.00
Ayacucho	32.00
Cajamarca	22,944.00
Cusco	1,029.00
Huancavelica	
Huánuco	7,518.50
Ica	
Junín	663.15
La Libertad	32,621.50
Lambayeque	47,936.00
Lima	
Loreto	35,542.00
Madre de Dios	2,277.50
Moquegua	
Pasco	1,261.00
Piura	49,199.00
Puno	114.00
San Martín	101,488.00
Tacna	
Tumbes	14,232.65
Ucayali	19,720.00

Fuente: MIDAGRI 2020.

A fin de una mejor caracterización de los cultivos de arroz nacionales, la superficie de cultivo fue agrupada según zona de producción: selva alta, selva baja, costa norte y costa sur, tal como se aprecia en la Tabla 86.

Tabla 86. Superficie Anual de cultivo de arroz por zona de producción (hectáreas), 2019

Departamento	Total (ha)
Nacional	414,401.30
Selva Alta	187,205.65
Amazonas	52,156.00
Ayacucho	32.00
Cajamarca	22,944.00
Cusco	1,029.00
Huánuco	7,518.50
Junín	663.15
Pasco	1,261.00
Puno	114.00

Departamento	Total (ha)
San Martín	101,488.00
Selva Baja	57,539.50
Loreto	35,542.00
Madre de Dios	2,277.50
Ucayali	19,720.00
Costa Norte	149,509.15
Ancash	5,520.00
La Libertad	32,621.50
Lambayeque	47,936.00
Piura	49,199.00
Tumbes	14,232.65
Costa Sur	20,147.00
Arequipa	20,147.00

Fuente: Elaboración propia

b) Periodo de cultivo de arroz

El periodo de cultivo para cada zona de producción fue establecido a través de un dictamen de experto. Por otro lado, se calculó un promedio ponderado que represente un valor nacional descrito en la Tabla 87.

Tabla 87. Periodo de cultivo de arroz por defecto

Región productiva	Representatividad %	Periodo de cultivo (días)
Selva Alta	45.17%	130.00
Selva Baja	13.88%	130.00
Costa Norte	36.08%	139.00
Costa Sur	4.86%	138.00
Promedio ponderado	100.00%	133.64

Fuente: MIDAGRI (2022). Dictamen de Expertos

c) Tipo de régimen de agua y su participación a nivel nacional

La participación de los cultivos por tipos de sistemas de riego para el cultivo de arroz se presenta en la Tabla 88.

Tabla 88. Tipos de sistemas de riego para el cultivo de arroz

Tipo de riego		Participación (%)				
		Selva Alta	Selva Baja	Costa Norte	Costa Sur	
Tierras altas		0%	0%	0%	0%	
De regadío	Anegados continuamente	45%	50%	34%	50%	
	Anegados intermitentemente	Aeración sencilla	2%	0%	8%	0%
		Aeración múltiple	53%	50%	58%	50%
De seco	Anegadizos	1%	0%	0%	0%	
	Expuesto a la sequía	0%	0%	0%	0%	
Aguas profundas	Profundidad del agua 50-100 cm	0%	0%	0%	0%	
	Profundidad del agua > 100 cm	0%	0%	0%	0%	

Fuente: MIDAGRI (2022). Dictamen de Expertos

6.8.3. Factores de emisión y conversión

A. Factores de emisión

A continuación, se presenta el detalle sobre los factores de emisión y los factores de ajuste utilizados en el cálculo de las emisiones del cultivo de arroz:

El factor de emisión ajustado de emisión diaria se calculó utilizando la ecuación 5.2.

Ecuación 5.2. Factor ajustado de emisión diaria

$$EF_i = EF_c * SF_w * SF_p * SF_o * SF_{s,r}$$

Donde:

- EF_i = factor de emisión diaria ajustado para una superficie de cosecha dada
- EF_c = factor de emisión diaria ajustado para una superficie de cosecha dada
- SF_w = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo
- SF_p = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante la temporada previa al cultivo
- SF_o = el factor de ajuste deberá variar según el tipo y a cantidad de abono orgánico aplicado
- SF_{s,r} = factor de ajuste para tipo de suelo, cultivar del arroz, etc., si está disponible

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 5. Ecuación 5.2. Pág. 5.48

La Tabla 89 presenta el factor de emisión básico para tierras inundadas permanentemente sin abonos orgánicos utilizado:

Tabla 89. Factor de emisión por defecto para campos continuamente inundados sin enmiendas orgánicas

Región	Factor de emisión (kg CH ₄ ha ⁻¹ d ⁻¹)	Fuente de información
Sudamérica	1.27	Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.11

*Se emplearon factores del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006, por considerarse más actualizadas y adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006

Las Tabla 90 presenta los factores de escala para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo de arroz.

Tabla 90. Factor de escala para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo de arroz

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

*Se emplearon factores del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006, por considerarse más actualizadas y adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*. Volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.12.

La Tabla 91 presenta el factor de escala para contar diferencias en el régimen hídrico en la pretemporada antes del periodo de cultivo.

Tabla 91. Factor de escala para contar diferencias en el régimen hídrico en la pretemporada antes del período de cultivo de arroz

Régimen de agua antes del cultivo de arroz	Factor de Escala (SFp)	Fuente de información
	Agregado	
Pretemporada no inundada <180 d	1.22	Refinamiento 2019 de las directrices del IPCC de 2006*. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.13
Pretemporada no inundada > 180 d		
Pretemporada inundada > 30 d		
Pretemporada no inundada > 365 d		

*Se emplearon factores del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006, por considerarse más actualizadas y adecuadas a las circunstancias de Perú.

Fuente: Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006

Para expresar las emisiones de metano en CO₂eq se utilizó el GWP proporcionado por el IPCC En el AR5. El valor utilizado se presenta en la Tabla 92.

Tabla 92. GWP utilizado para el metano

Gas	GWP
Metano	28

Fuente: IPCC 2013

6.8.4. Análisis de Incertidumbre

La incertidumbre de los datos de actividad de esta subcategoría estuvo basada en dictamen de expertos, mientras para la incertidumbre de los factores de emisión se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC del 2006.

Los resultados de incertidumbre combinada para metano son descritos en la Tabla 93. El único valor resultante para la incertidumbre combinada fue del 48.43%.

Tabla 93. Incertidumbre de las emisiones de metano provenientes de las emisiones del cultivo de arroz

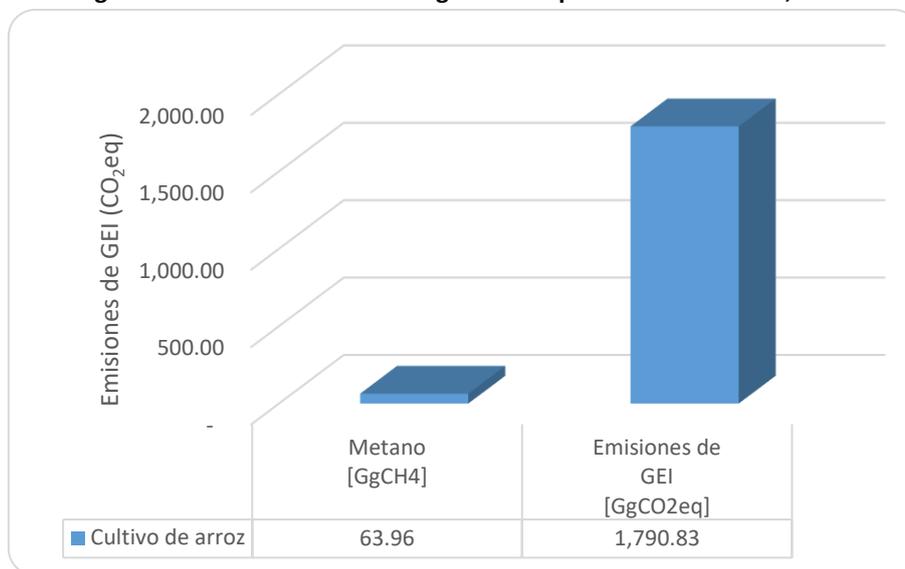
Código	Fuente	Gas	Estimaciones de GEI año t	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada	Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{E^2+F^2}$
			GgCO ₂ eq	%	%	%
3C7	Cultivo de arroz	CH ₄	1,790.83	10.00	47.39	48.43

Fuente: Elaboración propia

6.8.5. Análisis de resultados

En el año 2019, las emisiones de metano generadas por cultivos de arroz fueron de 63.96 GgCH₄ que equivalen a 1,790.83 GgCO₂eq (Figura 30), que representa el 6.29% de las emisiones del sector.

Figura 30. Emisiones de metano generados por cultivos de arroz, 2019

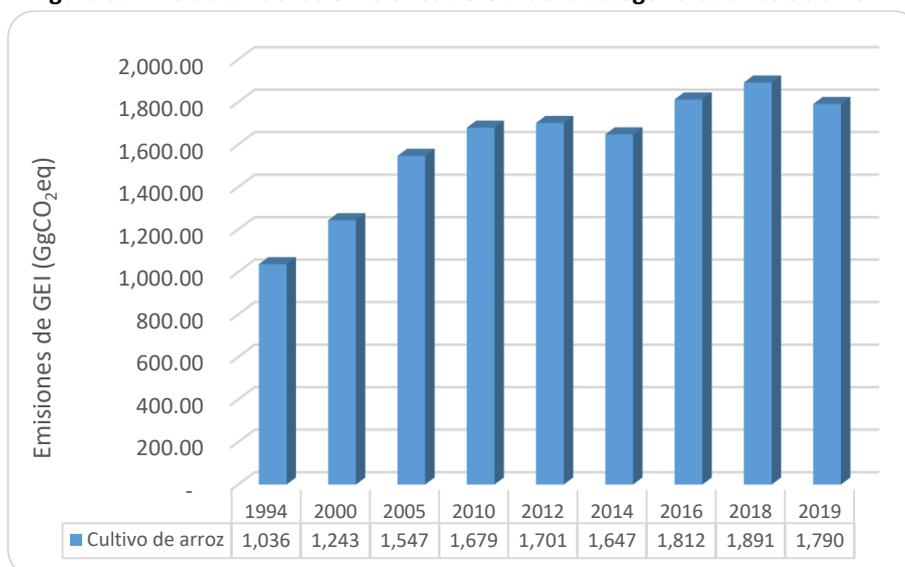


Fuente: Elaboración propia

6.8.6. Actualización de la serie temporal

El RAGEI 2019 presenta una serie temporal de las emisiones de GEI para los años 1994, 2000, 2005, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 y 2019, estimadas con la misma metodología y fuentes de información. En la Figura 30 se aprecia que las emisiones del año 2019 aumentaron en 72.71% respecto a 1994, y se redujeron en 5.34% respecto a 2018.

Figura 31. Evolución de las emisiones de GEI de la categoría cultivos de arroz



Fuente: Elaboración propia

7. CONTROL DE LA CALIDAD Y GARANTÍA DE LA CALIDAD

7.1. Control de la calidad

Para el control de la calidad, se aplicaron procedimientos generales y específicos que establecen las Directrices del IPCC de 2006. El presente RAGEI fue sometido a un proceso de control de calidad con el procedimiento descrito en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

En la Tabla 94 se presentan las acciones de control de calidad realizadas.

Tabla 94. Hallazgos producto del proceso de control de la calidad

Hallazgos	Acciones implementadas
La referencia de los datos de incertidumbre estaba citada un correo electrónico, y no se hacía referencia a la fuente original.	Se revisó la fuente original de la consulta de expertos son referencia a los datos de actividad de las subcategorías: Fermentación entérica, Manejo de estiércol, cultivos agrícolas. Se corrigió la fuente información del valor de incertidumbre.
En la planilla de cálculo, en las hojas IB C1 y IB C4_C5 se encontró datos inconsistentes, debido que no se había empleado la misma fuente de información.	Se revisó la hoja respectiva y se procedió a corregir el dato incorrecto.
Mejorar la exactitud de los cálculos de las emisiones de cultivo de arroz, con la información actualizada en los regímenes de siembra del cultivo arroz, cantidad de fertilizantes empleados.	Se realizó una nueva consulta de expertos en el cultivo de arroz para actualizar las variables de régimen hídrico y período de siembra (MIDAGRI 2022).

Fuente: Elaboración propia

7.2. Garantía de la calidad

Durante el proceso de elaboración del RAGEI 2019 las estimaciones fueron sometidas a la revisión de la firma consultora *Gauss International Consulting*. Es así como el informe de garantía de la calidad incluyó recomendaciones de acciones urgentes, recomendaciones para el próximo ciclo del inventario y recomendaciones a largo plazo.

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan las principales recomendaciones y mejoras propuestas, identificadas como resultado del proceso de garantía de la calidad. Es importante mencionar que algunas de las subgerencias fueron acogidas para elaborar el presente reporte (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), y otras recomendaciones serán integradas al plan de mejora del RAGEI.

Tabla 95. Hallazgos urgentes resultantes de la Garantía de la Calidad y acciones realizadas

Subcategoría	Proposición de acciones urgentes	Acciones realizadas
3A1 Fermentación entérica	Corregir el FE para ganado vacuno utilizando el valor presentado en la tabla 10.11 de las Directrices IPCC 2006 ($72 \text{ kg CH}_4 \text{ head}^{-1} \text{ yr}^{-1}$). Corregir la referencia para el FE de otro ganado, el valor se encuentra en el cuadro 10.11 en lugar de 10.10	Se corrigió el valor del FE para vacuno en la planilla de cálculo. Se actualizo la referencia del FE de otro ganado vacuno

Subcategoría	Proposición de acciones urgentes	Acciones realizadas
3A2 Manejo del estiércol	Corregir el valor de tasa de excreción de N por defecto para porcinos. Corregir la referencia del FE CH ₄ por temperatura para cuyes y la referencia del peso vivo de cuyes para mejorar transparencia.	Se corrigió el valor de la tasa de excreción de N por defecto para porcinos. Se mejoró las referencias de los valores de los del FE CH ₄ por temperatura y del peso vivo de cuyes.

Fuente: Elaboración propia

8. PLAN DE MEJORA

La Tabla 96 presenta las oportunidades de mejora propuestas para la elaboración de futuros RAGEI.

Tabla 96. Acciones de mejora planificadas para futuros RAGEI

Código	Subcategoría	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de emisiones de GEI de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Nivel de avance en la implementación	Período de implementación
3A1	Fermentación entérica	Desarrollar factores de emisión de fermentación entérica para ganado vacuno por tipo de manejo: sistema estabulado, sistema semi-estabulado y sistema pastoril, con levantamiento de información de campo en las regiones: Lima, Cajamarca, Puno, San Martín, Trujillo, Ucayali, Arequipa.	Mejorar la exactitud y la exhaustividad de los cálculos de las emisiones de metano de la fermentación entérica.	El estudio para desarrollar factores de emisión de fermentación entérica para ganado vacuno lechero, en el marco del proyecto <i>“Capacity Building for Peru’s Transparency System for Climate Change Mitigation and Adaptation in Perú”</i> , ha iniciado en julio del 2022, mediante la ejecución de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), y tiene planteado finalizar en julio 2024.	Corto plazo.
		Obtener la temperatura media de invierno por región natural (costa, sierra y selva) para completar el cálculo de nivel 2 de la Fermentación Entérica de vacunos.	Mejorar la exactitud de los cálculos de las emisiones de metano de la fermentación entérica nivel 2 de vacunos.	Se realizaron coordinaciones con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), para la solicitud de la información registrada en sus estaciones meteorológicas cercanas a zonas de crianza de vacunos, a fin de obtener valores de temperatura media de invierno.	Corto plazo.
		Obtener un valor de Energía bruta convertida en metano (Ym)	Mejorar la exactitud de los cálculos de las emisiones de metano de la	Esta variable será construida como parte del estudio para desarrollar	Mediano plazo.

Código	Subcategoría	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de emisiones de GEI de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Nivel de avance en la implementación	Período de implementación
		país específico (Estudio a nivel de laboratorio) tanto para vacas lecheras y como para otros vacunos.	fermentación entérica nivel 2 de vacunos.	factores de emisión de fermentación entérica para ganado vacuno lechero, que viene desarrollando la UNALM.	
		Actualizar la información de la población de cuyes con la información de ENAHO y realizar las proyecciones para los años que no se ha generado la información.	Mejorar la exhaustividad del inventario, incluyendo la categoría 3A1 referida a las emisiones provenientes del ganado no vacuno	Se han identificado las fuentes de información que deben ser consultadas.	Corto plazo
3A2	Manejo del estiércol.	Actualizar la información de la población de cuyes con la información de ENAHO y realizar las proyecciones para los años que no se ha generado la información.	Mejorar la exhaustividad del inventario, incluyendo la categoría 3A2 referida a las emisiones provenientes del ganado no vacuno	Se han identificado las fuentes de información que deben ser consultadas	Corto plazo
3C2	Encalado.	Obtener el consumo anual de Cal (Caliza y Dolomita) a nivel país para incluir las emisiones de la categoría 3C2 en el RAGEI.	Mejorar la exhaustividad del inventario, incluyendo la categoría 3C2 referida a las emisiones provenientes del encalado.	No se han iniciado acciones de implementación.	Largo plazo.
3C3	Aplicación de urea.	Obtener el consumo anual de Cal (Caliza y Dolomita) a nivel país para incluir las emisiones de la categoría 3C2 en el RAGEI, ya que	Mejorar la exhaustividad del inventario, incluyendo la categoría 3C2 referida a las emisiones provenientes del encalado.	No se han iniciado acciones de implementación.	Largo plazo.

Código	Subcategoría	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de emisiones de GEI de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Nivel de avance en la implementación	Período de implementación
		solo se conocen valores de importación.			
3C4	Emisiones directas de N ₂ O en suelos gestionados.	Obtener la superficie de suelos orgánicos para obtener la superficie total anual de suelos orgánicos drenados/gestionados (FOS). La representación de fertilidad puede obtenerse por Dictamen de expertos.	Mejorar la exhaustividad del cálculo de las emisiones de N ₂ O de suelos gestionados. Propuesta: Búsqueda de información de la aplicación de N en cultivos (tesis, artículos científicos, boletines del INIA).	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo.
3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O en suelos gestionados.	Obtener la superficie de suelos orgánicos para obtener la superficie total anual de suelos orgánicos drenados/gestionados (Fos). La representación de fertilidad puede obtenerse por Dictamen de expertos.	Mejorar la exhaustividad del cálculo de las emisiones de N ₂ O de suelos gestionados.)	Estudios de la UNALM, emisiones de pasturas en la sierra.	Mediano plazo.

Fuente: Elaboración propia

9. BIBLIOGRAFIA

- Alvarado V.; Medrano J.; Haro J.; Castro J.; Dickhoefer U.; Gómez, C. 2021. Enteric methane emissions from lactating dairy cows grazing cultivated and native pastures in the high Andes of Peru. *Livestock Science*. Volume 243, January 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141320319910>
- Banco Central de Reserva del Perú (2019). Gerencia Central de Estudios Económicos: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/>
- FAO (2002). *Los Fertilizantes y su Uso. Una Guía de bolsillo para los oficiales de extensión*. Cuarta edición. Recuperado de: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>
- 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
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2013). *Resultados definitivos IV Censo Nacional Agropecuario 2012*. Lima-Perú. Recuperado de <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2019). *Anuario de Estadísticas Ambientales 2019. Temperatura promedio 1995 – 2019*. Lima-Perú. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1342/
- IPCC (1996). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996*. Recuperado de: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/spanish.html>
- IPCC (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Japón: IGES. Recuperado de: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- IPCC (2019) 2019. *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Calvo Buendía, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland. Recuperado de: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>
- MIDAGRI. (2019). *Propuesta de cálculo para la población de equinos y burros, burras, mulas y cuyes y la superficie de pastos naturales*. Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios. Orden de servicio N° 2019- 1187.
- MIDAGRI (2019). *Boletín de Insumos y Servicios Agrícolas*. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas. Lima-Perú.
- MIDAGRI (2017). *Anuario de Producción Pecuaria y Avícola 2019*. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas. Lima-Perú. Recuperado de <http://siea.minag.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuarios-estadisticos>

MIDAGRI (2017). Anuario de Producción Agrícola 2019. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas). Lima-Perú. Recuperado de <http://siea.MIDAGRI.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuarios-estadisticos>

MIDAGRI (2017). Plan Nacional de Desarrollo Ganadero Perú, 2017 – 2027 País Ganadero. Lima-Perú. Recuperado de <http://siea.minag.gob.pe/siea/?q=publicaciones/boletin-estadistico-de-medios-de-produccion-agropecuarios>

MIDAGRI (2020). Dictamen de expertos 2020. Informe de consultoría. Consultor nacional en ASOUT bajo la Iniciativa para la Transparencia en la Acción Climática (ICAT).

National Academy Press (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition*. Recuperado de: <https://profsite.um.ac.ir/~kalidari/software/NRC/HELP/NRC%202001.pdf>

MIDAGRI (2020). Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2019 Dirección de estadística Agraria

MIDAGRI (2020). Anuario Estadístico de producción ganadera y avícola 2019. Dirección de estadística Agraria.

10. ANEXOS

Anexo A: Datos del responsable del RAGEI

Datos	Descripción
Nombres y Apellidos	Christian Michael Acosta Arce
Cargo	Director General
Correo Electrónico	macosta@midagri.gob.pe
Teléfono – Anexo	51-209-8800 – Anexo 4101
Dirección	Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios
Institución	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

Anexo B: Procedimiento de control de la calidad

Tabla 97. Procedimientos generales de control de calidad

Actividad de CC	Procedimientos
Verificar que las hipótesis y criterios para la selección de los datos de actividad y factores de emisión estén documentados.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar verificaciones cruzadas de las descripciones de datos de actividad y factores de emisión con información sobre las categorías y asegurar que estos estén debidamente registrados y archivados.
Verificar si existen errores de transcripción en los datos de entrada y la referencia.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Confirmar que las referencias de datos bibliográficos estén debidamente citadas en la documentación interna. ▪ Efectuar verificaciones en muestras de datos de entrada de cada categoría (ya sean medidas o parámetros utilizados en las estimaciones) para detectar posibles errores de transcripción. ▪ Utilizar datos electrónicos siempre que sea posible para minimizar los errores de transcripción. ▪ Comprobar que las funciones de las hojas de cálculo se utilicen para minimizar los errores de entrada/usuario: ▪ Evitar la programación de factores como fórmulas. ▪ Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos. ▪ Usar la protección de celdas para que los datos fijos no sean modificados de manera accidental. ▪ Realizar controles automáticos, como los controles informáticos para cálculos o controles de rango de los datos de entrada.
Verificar que las emisiones/remociones se estimen correctamente.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reproducir una muestra representativa de los cálculos de las emisiones/remociones. ▪ En el caso que se utilicen los modelos, imitar de forma selectiva los modelos de cálculos complejos con estimaciones abreviadas para juzgar la exactitud relativa.
Verificar que las unidades de emisiones/remociones y parámetros se registren correctamente y que los factores de conversión se utilicen de manera apropiada.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que las unidades estén correctamente etiquetadas en las hojas de cálculo. ▪ Verificar que las unidades se transporten correctamente desde el principio hasta el final de los cálculos. ▪ Verificar que los factores de conversión sean correctos. ▪ Verificar que los factores de ajuste temporal y espacial se utilicen correctamente.
Verificar la integridad de los archivos de base de datos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Confirmar que los pasos de procesamiento de datos apropiados estén correctamente representados en la base de datos. ▪ Confirmar que las relaciones de datos estén correctamente representadas en la base de datos. ▪ Asegurar que los campos de datos estén correctamente etiquetados y cuenten con las correctas especificaciones de diseño. ▪ Asegurar que la documentación adecuada de la operación, la estructura del modelo y la base de datos sean archivadas.
Verificar la coherencia de los datos entre las categorías.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar los parámetros (p. ej., datos de actividad, constantes) que son comunes a múltiples categorías y confirmar que existe coherencia en los valores utilizados para estos parámetros en los cálculos de las emisiones/remociones.
Verificar que el movimiento de datos de inventario entre los pasos de procesamiento sea correcto.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que los datos de emisiones/remociones se agreguen correctamente de los niveles más bajos a los niveles más altos de información en la elaboración de resúmenes. ▪ Verificar que los datos de emisiones/remociones se transcriban correctamente en los diferentes productos intermedios.

Actividad de CC	Procedimientos
Revisar el archivo y la documentación interna.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que existe documentación interna detallada para respaldar las estimaciones y permitir la duplicación de los cálculos. ▪ Verificar que cada elemento de datos básico tenga una referencia para la fuente de datos (a través de los comentarios de celda u otro sistema de anotación). ▪ Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada. ▪ Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario. ▪ Verificar la integridad de los arreglos relacionados al archivo de datos de las organizaciones externas que participan en la elaboración del inventario.
Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría. ▪ Verificar la coherencia en el método/ algoritmo utilizado para los cálculos en la serie temporal. ▪ Reproducir una muestra representativa de los cálculos de emisiones para garantizar su exactitud matemática.
Verificar la coherencia de la serie temporal.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría. ▪ Verificar la coherencia en el método/ algoritmo utilizado para los cálculos en la serie temporal. ▪ Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos. ▪ Verificar que los efectos de las actividades de mitigación se reflejen adecuadamente en los cálculos de la serie temporal.
Verificar la exhaustividad.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Confirmar que las estimaciones se presenten para todas las categorías y todos los años desde el año base correspondiente durante el período del inventario actual. ▪ En relación con las subcategorías, confirmar que toda categoría sea cubierta. ▪ Facilitar una definición clara de las categorías de 'Otro' tipo. ▪ Verificar que los datos cuya indisponibilidad sea conocida, resultando en estimaciones incompletas de emisiones/remociones de una categoría, estén documentados, incluyendo la evaluación cualitativa de la importancia de la estimación en relación con el total de emisiones netas (p. ej., las subcategorías clasificadas como 'no estimadas').
Revisiones de tendencias	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comparar las estimaciones de inventario actuales con las estimaciones previas de cada categoría, en caso de estar disponibles. En el caso que existan cambios o desviaciones significativos de las tendencias esperadas, es necesario volver a revisar las estimaciones y explicar la diferencia. Los cambios significativos en las emisiones o remociones de años anteriores pueden indicar los posibles errores de entrada o de cálculo. ▪ Verificar el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones/remociones agregadas, divididas por datos de actividad) a través de la serie temporal. ¿Se han reportado cambios en las emisiones o remociones? ▪ Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal.

Tabla 98. Procedimientos de específicos de control de calidad para la subcategoría 3A1

Actividad de CC	Procedimientos
Verificación de datos de actividad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que los datos de las subespecies de ganado se hayan recabado y agregado correctamente. ▪ Efectuar una verificación cruzada de los datos con los de los años anteriores para garantizar que son razonables y coherentes con la tendencia esperada. ▪ Identificar las potenciales áreas de sesgo, y evaluar la representatividad de los datos. ▪ Realizar una verificación cruzada de datos de población entre los principales mecanismos de declaración (FAO) ▪ Documentar los métodos de obtención de datos
Revisión de factores de emisión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Si se emplea el método de nivel 2/3, el compilador del inventario deberá realizar una verificación cruzada de los factores específicos del país contra los valores por defecto del IPCC ▪ (Si se utilizan factores específicos del país) Comparar los factores por defecto y señalar las diferencias. Explicar y documentar cómo se realizó el desarrollo de los factores de emisión específicos del país, y los resultados deben someterse a una revisión por parte de expertos independientes ▪ Nivel 2/3, realizar una verificación cruzada de los factores específicos del país contra los valores por defecto del IPCC
Documentación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que este documentado los datos de la actividad, incluyendo los datos de la población animal por categoría y región Verificar que este documentado las fuentes de todos los datos de la actividad utilizados en los cálculos ▪ Verificar que este documentado la información y las hipótesis que se utilizaron para desarrollar los datos de la actividad, en los casos en los que éstos no hayan estado disponibles directamente en las bases de datos ▪ Verificar que este documentado la frecuencia de la recopilación de datos y estimaciones de su exactitud y precisión ▪ Nivel 1, verificar que este documentado todos los factores de emisión por defecto que se emplearon en la estimación de las emisiones para las categorías de animales específicas. ▪ Nivel 2, verificar que este documentado Valores de Ym; ▪ Nivel 2, verificar que este documentado los valores de DE estimados o tomados de otros estudios;

Tabla 99. Procedimientos de específicos de control de calidad para la subcategoría 3A2

Actividad de CC	Procedimientos
Verificación de datos de actividad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que los datos de las subespecies de ganado se hayan recabado y agregado correctamente. ▪ Efectuar una verificación cruzada de los datos con los de los años anteriores para garantizar que son razonables y coherentes con la tendencia esperada. ▪ Identificar las potenciales áreas de sesgo, y evaluar la representatividad de los datos. ▪ Realizar una verificación cruzada de datos de población entre los principales mecanismos de declaración (FAO) ▪ Revisar la asignación de sistemas de gestión del estiércol para determinar si se están teniendo en cuenta los cambios producidos en la industria ganadera ▪ Verificar el impacto de cambios en la política y la reglamentación nacional del agro sobre los parámetros que se emplean para calcular las emisiones de estiércol ▪ Documentar los métodos de obtención de datos
Revisión de factores de emisión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nivel 1, evaluar con qué grado de exactitud las tasas de excreción de VS, los valores de Bo y las prácticas de gestión del estiércol por defecto representan las características de la población animal y del estiércol definidas para el país
Documentación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que este documentado los datos de la actividad, incluyendo los datos de la población animal por categoría y región.

Actividad de CC	Procedimientos
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que este documentado las fuentes de todos los datos de la actividad utilizados en los cálculos ▪ Verificar que este documentado la información y las hipótesis que se utilizaron para desarrollar los datos de la actividad, en los casos en los que éstos no hayan estado disponibles directamente en las bases de datos ▪ Verificar que este documentado la frecuencia de la recopilación de datos y estimaciones de su exactitud y precisión ▪ Nivel 1, verifica que este documentado todos los factores de emisión por defecto que se emplearon en la estimación de las emisiones para las categorías de animales específicas. ▪ Verificar que este documentado las condiciones climáticas por región ▪ Verificar que este documentado los datos sobre el sistema de gestión del estiércol, por especie/categoría de ganado y por región, de corresponder

Tabla 100. Procedimientos de específicos de control de calidad para la subcategoría 3C1

Actividad de CC	Procedimientos
Verificación y documentación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que los datos de la actividad se han estratificado adecuadamente por regiones climáticas y tipos de suelos ▪ Verificar que se han aplicado correctamente las clasificaciones/descripciones de la gestión ▪ Verificar que los datos de la actividad se han transcrito a las hojas de trabajo o al software computarizado del inventario ▪ Verificar que los factores de cambio de las existencias de C, las existencias de C del suelo de referencia, las estimaciones de residuos (carga de combustible) y los factores de combustión y emisión del quemado de biomasa se han asignado adecuadamente. ▪ Verificar la documentación de cultivos que se queman ▪ Verificar la documentación de pastizales que se queman

Tabla 101. Procedimientos de específicos de control de calidad para la subcategoría 3C3

Actividad de CC	Procedimientos
Verificación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar que las emisiones se calculan sobre la base de una total contabilización de toda la urea aplicada a los suelos ▪ Verificar que se apliquen los mismos datos de la actividad y factores de emisión en toda la serie temporal en pro de la coherencia y deben determinar la influencia del cambio de fuentes de datos sobre las tendencias ▪ Garantizar que los datos de la actividad se han procesado adecuadamente para estimar la aplicación a los suelos ▪ Garantizar que los datos de la actividad se han transcrito adecuadamente en las hojas de trabajo ▪ Garantizar que los factores de emisión se han asignado como corresponde

Actividad de CC	Procedimientos
Documentación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar la documentación de las tendencias y las incertidumbres de las aplicaciones de cal a los suelos y relacionar esas pautas con las tendencias de emisión de CO₂ ▪ Verificar el registro y explicación de toda fluctuación significativa en las emisiones anuales durante la serie temporal. ▪ Verificar la documentación y archivo de las bases de datos reales, como registros de minería o estadísticas de uso de sondeos, y los procedimientos empleados para procesar los datos ▪ Verificar la documentación de la información, las hipótesis y los procedimientos empleados para derivar los datos de la actividad. Esta documentación debe incluir la frecuencia de la recolección y la estimación de datos, y la incertidumbre. El uso del conocimiento experto debe documentarse y la correspondencia debe archivarse

Tabla 102. Procedimientos de específicos de control de calidad para las subcategorías 3C4 y 3C5

Actividad de CC	Procedimientos
Verificación de datos de actividad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comparar los datos específicos del país sobre consumo de fertilizantes sintéticos con los datos de uso de fertilizantes de la IFA (https://www.fertilizer.org/) y con las estimaciones del consumo de fertilizantes sintéticos de la FAO (http://www.fao.org/faostat/en/#home) ▪ Verificar que los datos de excreción de N sean coherentes con los empleados para la categoría de fuente de sistemas de gestión del estiércol. ▪ Comparar las estadísticas nacionales de producción agrícola con las de la FAO ▪ Garantizar que se han completado los procesos de GC/CC para la caracterización del ganado, dado que los datos se comparten con la sección ganado. ▪ Los valores específicos del país para diversos parámetros deben compararse con los valores por defecto del IPCC y debe explicarse toda diferencia significativa
Revisión de factores de emisión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisar los factores de emisión por defecto y documentar las razones por las cuales se seleccionan valores específicos ▪ (Si se utilizan factores de emisión específicos del país), Comparar con los factores de emisión por defecto del IPCC y con los usados por otros países en circunstancias similares. Debe explicarse y documentarse toda diferencia entre los factores específicos del país y los factores por defecto o los de otro país.
Documentación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar la documentación de las fuentes de todos los datos de la actividad usados en los cálculos (p. ej., citas completas de las bases de datos estadísticos de las que se recabaron los datos) y en los casos en que los datos de la actividad no estuvieran disponibles directamente de las bases de datos, la información y las hipótesis que se usaron para derivar los datos de la actividad. Esta documentación debe incluir la frecuencia de la recolección y estimación de datos, y estimaciones de exactitud y precisión ▪ Verificar la documentación de las fuentes de los factores de emisión que se utilizaron (valores específicos por defecto del IPCC país específico u otro). ▪ Verificar la documentación de toda fluctuación significativa de las emisiones entre años. Debe hacerse una distinción entre los cambios en los niveles de actividad y los cambios en los factores de emisión,

Actividad de CC	Procedimientos
	<p>volatilización y lixiviación de año a año, y se documentarán las razones de tales cambios. Si se emplean diferentes factores para los distintos años, se verifica que se debe verificar que se expliquen y se documenten las razones de tal proceder.</p>

Tabla 103. Procedimientos de específicos de control de calidad para la subcategoría 3C7

Actividad de CC	Procedimientos
<p>Verificación y documentación</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar una verificación cruzada de los rendimientos de cultivos agregados y de las estadísticas de superficie de campo declaradas con los totales nacionales y otras fuentes de rendimiento de cultivos/datos de superficie. ▪ Realizar una verificación cruzada entre los totales nacionales declarados y los valores y datos por defecto de otros países. ▪ Realizar una verificación de la exhaustividad de la categoría. ▪ Verificar la coherencia de la serie temporal ▪ Verificar la documentación de prácticas de manejo del agua; ▪ Verificar la documentación de los tipos y las cantidades de abonos orgánicos utilizados. ▪ Verificar la documentación de los tipos de suelos utilizados para el cultivo del arroz ▪ Verificar la documentación de la cantidad de cultivos de arroz anuales; ▪ Verificar la documentación de los cultivares de arroz más importantes.

Anexo C: Garantía de la calidad

A continuación, se presentan las principales conclusiones de la revisión del sector agricultura, producto del proceso de Garantía de la Calidad del INGEI 2019,

Tabla 104. Conclusiones de la subcategoría 3A1

3A1 Fermentación entérica
Observación
<p>Las emisiones provenientes de la fermentación entérica se presentan de manera transparente, así como los datos de actividad y factores de emisión utilizados. Se utiliza un método de cálculo de nivel 2 para el ganado vacuno. Sin embargo, se incluye el cálculo de emisiones del ganado vacuno con métodos de nivel 1 y 2, esto crea confusión y disminuye la transparencia.</p> <p>El FE para el metano procedente de fermentación entérica vacuno lechero de nivel 1 no es coherente con las Directrices del IPCC 2006. Se utiliza un valor de 87 en lugar de 72. Se trata de una errata en la versión de las guías IPCC 2006 traducidas al español.</p> <p>Al revisar RAGEI Agricultura 2019, la tabla 20 muestra los factores de emisión de metano de la fermentación entérica de ganado vacuno (nivel 2) pero no son coherentes con los valores presentados en las hojas de Excel.</p>
Proposición de acciones urgentes
<p>Corregir el FE para ganado vacuno utilizando el valor presentado en la tabla 10.11 de las Directrices IPCC 2006 (72 kg CH₄ head⁻¹ yr⁻¹).</p> <p>Corregir la referencia para el FE de otro ganado, el valor se encuentra en el cuadro 10.11 en lugar de 10.10</p> <p>Revisar los valores de FE de metano de la fermentación entérica de ganado vacuno de la hoja de cálculo GEI 3A 1(N2) y asegurar consistencia con la tabla 20 del reporte RAGEI 2019.</p> <p>Para aumentar la transparencia, se recomienda reorganizar las hojas de cálculo relacionadas a las subcategorías A1 y A2. Es recomendable dividir las hojas de cálculo por subcategoría en lugar de agruparlas; y en cada hoja incluir los cálculos de nivel 1 y nivel 2 relevantes al ganado vacuno.</p>
Recomendaciones para el próximo ciclo de inventario
<p>Para aumentar el nivel de precisión en los cálculos de emisiones se recomienda mejorar la caracterización de los factores de emisión de nivel 2 para ganado vacuno en función de factores incluyendo el tipo de manejo, razas y genotipos, o información detallada sobre la composición de la dieta.</p> <p>Se recomienda elaborar estimaciones nacionales específicas del factor de emisión de Nivel 2 para otras especies ganaderas, con especial atención a los ovinos y las llamas/alpacas.</p>
Recomendaciones a largo plazo
<p>A largo plazo se recomienda obtener valores a escala nacional para la Energía bruta convertida en metano (Y_m) que tenga en cuenta estos factores adicionales.</p>

Tabla 105. Conclusiones de la subcategoría 3A2

3A2 Manejo del estiércol
Observación
<p>Las emisiones de CH₄ y N₂O por manejo del estiércol se presentan de forma transparente, así como los cálculos y datos de actividad. Sin embargo, se han encontrado errores en la referencia o el valor numérico de algunos factores de emisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La Tasa de excreción de N para porcino presenta un valor de 1.64 a diferencia de 1.47 (IPCC 2006). • El FE CH₄ por temperatura para Cuyes no es coherente con la referencia • La referencia para el peso vivo de cuyes no coincide con el valor presentado. El cuadro 48 del informe de FAO describe los Consumos de concentrado de cuyes hembras alimentadas con o sin suministro de agua de bebida. <p>La estimación del N₂O procedente del ganado se basa en el método de nivel 1 aplicando los valores por defecto de Nex de las Directrices del IPCC de 2006. Los datos y parámetros necesarios para aplicar el método de nivel 2 están disponibles en las hojas de cálculo porque se han utilizado para estimar las emisiones de fermentación entérica procedentes del ganado aplicando un método de nivel 2.</p>
Proposición de acciones urgentes
<p>Corregir el valor de tasa de excreción de N por defecto para porcinos.</p> <p>Corregir la referencia del FE CH₄ por temperatura para cuyes y la referencia del peso vivo de cuyes para mejorar transparencia.</p> <p>Se recomienda también incluir la descripción del método utilizado para el cálculo del FE CH₄ por temperatura de alpaca y llamas (i.e. Factor de emisión aproximado = [(peso de la alpaca) / (peso ovino)]0,75 • factor de emisión de ovinos"),</p>
Recomendaciones para el próximo ciclo de inventario
<p>Se recomienda utilizar el método de nivel 2 para estimar las emisiones de Nex y N₂O procedentes de la gestión del estiércol del ganado vacuno en el próximo inventario.</p>
Recomendaciones a largo plazo
<p>NA</p>

Tabla 106. Conclusiones de la subcategoría 3C2

3C2 Encalado
Observación
<p>No se han estimado las emisiones de CO₂ producidas por el uso de cal en suelos agrícolas debido a la falta de datos.</p>
Proposición de acciones urgentes
<p>NA</p>
Recomendaciones para el próximo ciclo de inventario
<p>NA</p>
Recomendaciones a largo plazo
<p>La ausencia de estimaciones nacionales del uso de cal en suelos agrícolas hace que tanto la categoría 3C2 como la categoría de Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO₂ de la Tierra esté incompleta. Se recomienda recopilar los datos sobre el consumo de cal a nivel nacional utilizada en suelos agrícolas.</p>

Tabla 107. Conclusiones de la subcategoría 3C3

3C3 Aplicación de urea
Observación
Los cálculos de emisiones provenientes de la aplicación de urea utilizan metodología de nivel 1 según las Directrices del IPCC 2006. Los cálculos, datos de actividad y factores de emisión se presentan de manera clara. Sin embargo, el inventario no cuenta con datos de actividad del consumo de urea, se utiliza la cantidad anual de importaciones de fertilizantes de urea.
Proposición de acciones urgentes
NA
Recomendaciones para el próximo ciclo de inventario
NA
Recomendaciones a largo plazo
Se recomienda recopilar datos sobre el consumo anual de urea como fertilizante a nivel nacional para mejorar la calidad de los datos de actividad.

Tabla 108. Conclusiones de la subcategoría 3C4

3C4 Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados
Observación
Esta categoría se centra en las emisiones de N ₂ O procedentes de suelos gestionados. En el INGEI se estiman las emisiones procedentes de los aportes de nitrógeno y de la orina y el estiércol a los suelos. La categoría se calcula sumando tres fuentes de emisiones de N ₂ O procedentes de los suelos. Sin embargo, el INGEI no tiene en cuenta las emisiones procedentes de suelos orgánicos gestionados.
Proposición de acciones urgentes
NA
Recomendaciones para el próximo ciclo de inventario
Para el próximo inventario se recomienda recopilar datos relevantes sobre suelos orgánicos gestionados/drenados.
Recomendaciones a largo plazo
Esta categoría representa cerca del 25% del sector agrícola y pertenece a las categorías clave del INGEI. Como mejoras a largo plazo, se recomienda estimar los factores de emisión nacionales para EF1, EF2 (una vez recopilados los datos sobre la superficie de suelos orgánicos drenados) y EF3 para mejorar la precisión de las estimaciones y pasar al nivel 2. Las emisiones de la categoría se ven influenciadas por la cantidad de estiércol animal aplicado a los suelos, que a su vez se reduce por la cantidad de estiércol utilizado para alimento, combustible y construcción. A largo plazo, se recomienda estimar estos tres parámetros para obtener un valor más preciso de Fam y, por tanto, de Fon.

Tabla 109. Conclusiones de la subcategoría 3C5

3C5 Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados
Observación
No se dispone de datos nacionales sobre los factores de volatilización y lixiviación.
Proposición de acciones urgentes
NA
Recomendaciones para el próximo ciclo de inventario
NA
Recomendaciones a largo plazo
Dado que 3C5 es una categoría clave, se recomienda considerar la posibilidad de recopilar datos nacionales sobre los factores de volatilización y lixiviación para mejorar la precisión de las estimaciones y la exhaustividad de la categoría 3C5.

Tabla 110. Conclusiones de la subcategoría 3C7

3C7 Cultivo de arroz
Observación
Esta categoría estima las emisiones anuales de CH ₄ por cultivo de arroz con una metodología clara y transparente. Sin embargo, se utiliza la metodología de cálculo de nivel 1 y factores de emisión por defecto de las Directrices IPCC 2006. El RAGEI 2019 especifica que se utilizó un método de nivel 1 porque no es una categoría principal, pero el análisis de categorías principales del INGEI 2019 incluye la categoría 3C7 dentro de las categorías principales.
Proposición de acciones urgentes
NA
Recomendaciones para el próximo ciclo de inventario
NA
Recomendaciones a largo plazo
Debido a que es una categoría principal se recomienda recopilar datos nacionales que sirvan para la estimación de factores de emisión específicos para el cultivo de arroz en Perú.

