

# RAGEI 2016

REPORTE ANUAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO  
DEL SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO  
DE LA TIERRA Y SILVICULTURA 2016

**CATEGORÍA:**  
**TIERRAS**

**Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura del año 2016.**  
**Categoría: Tierras.**

Preparado por:

**Ministerio del Ambiente**

Dirección General de Cambio Climático y Desertificación

Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación al Cambio Climático

**Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego**

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

**Lima, 2020**

## CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	16
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR .....	18
3. PROCESO DE ELABORACION DEL RAGEI.....	19
3.1. Organización para la elaboración del RAGEI.....	19
3.2. Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI.....	19
3.3. Control de calidad y garantía de la calidad del RAGEI .....	20
4. METODOLOGÍA APLICADA .....	21
4.1. Representación Coherente de las Tierras .....	21
4.2. Metodología para el cálculo de emisiones de GEI .....	30
4.3. Metodología para el análisis de Incertidumbre .....	31
4.3.1. Incertidumbre de los niveles de actividad .....	31
4.3.2. Incertidumbre de los factores de emisión .....	32
4.3.3. Incertidumbre de las emisiones del sector .....	34
4.4. Metodología para garantizar la coherencia de la serie temporal.....	35
5. RESULTADO SECTORIAL.....	36
5.1. Análisis de los resultados .....	36
5.2. Actualización de la serie temporal sectorial .....	41
6. RESULTADOS POR SUBCATEGORÍA .....	48
6.1. Tierras Forestales (3B1).....	48
6.1.1. Tierras forestales que permanecen como tierras forestales (3B1a).....	48
6.1.1.1. Método de cálculo.....	48
6.1.1.2. Datos de actividad .....	54
6.1.1.3. Factores de emisión y conversión .....	62
6.1.1.4. Análisis de Incertidumbre .....	63
6.1.1.5. Análisis de resultados.....	66
6.1.1.6. Actualización de serie temporal.....	66
6.1.2. Tierras convertidas en tierras forestales (3B1b) .....	68
6.1.2.1. Método de cálculo.....	68
6.1.2.2. Datos de actividad .....	76
6.1.2.3. Factores de emisión y conversión .....	82
6.1.2.4. Análisis de Incertidumbre .....	85
6.1.2.5. Análisis de resultados.....	88
6.1.2.6. Actualización de serie temporal.....	88

6.2.	Tierras de cultivo (3B2) .....	89
6.2.1.	Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo (3B2a) .....	89
6.2.1.1.	Método de cálculo.....	89
6.2.1.2.	Datos de actividad .....	95
6.2.1.3.	Factores de emisión y conversión .....	100
6.2.1.4.	Análisis de Incertidumbre .....	102
6.2.1.5.	Análisis de resultados.....	103
6.2.1.6.	Actualización de serie temporal.....	104
6.2.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo (3B2b) .....	105
6.2.2.1.	Método de cálculo.....	105
6.2.2.2.	Datos de actividad .....	113
6.2.2.3.	Factores de emisión y conversión .....	118
6.2.2.4.	Análisis de Incertidumbre .....	120
6.2.2.5.	Análisis de resultados.....	122
6.2.2.6.	Actualización de serie temporal.....	122
6.3.	Pastizales (3B3).....	124
6.3.1.	Pastizales que permanecen como pastizales (3B3a).....	124
6.3.1.1.	Método de cálculo.....	124
6.3.1.2.	Datos de actividad .....	126
6.3.1.3.	Factores de emisión y conversión .....	129
6.3.1.4.	Análisis de resultados.....	130
6.3.2.	Tierras convertidas en pastizales (3B3b).....	130
6.3.2.1.	Método de cálculo.....	130
6.3.2.2.	Datos de actividad .....	137
6.3.2.3.	Factores de emisión y conversión .....	139
6.3.2.4.	Análisis de Incertidumbre .....	142
	Fuente: Elaboración propia .....	142
6.3.2.5.	Análisis de resultados.....	144
6.3.2.6.	Actualización de serie temporal.....	144
6.4.	Humedales (3B4) .....	146
6.5.	Asentamientos (3B5).....	146
6.5.1.	Asentamientos que permanecen como asentamientos (3B5a).....	146
6.5.1.1.	Método de cálculo.....	146
6.5.2.	Tierras convertidas en asentamientos (3B5b) .....	147
6.5.2.1.	Método de cálculo.....	147

6.5.2.2.	Datos de actividad .....	154
6.5.2.3.	Factores de emisión y conversión .....	156
6.5.2.4.	Análisis de Incertidumbre .....	159
6.5.2.5.	Análisis de resultados.....	161
6.5.2.6.	Actualización de serie temporal.....	161
6.6.	Otras Tierras (3B6) .....	163
6.6.1.	Otras tierras que permanecen como otras tierras (3B6a) .....	163
6.6.2.	Tierras convertidas en otras tierras (3B6b).....	163
6.6.2.1.	Método de cálculo.....	163
6.6.2.2.	Datos de actividad .....	168
6.6.2.3.	Factores de emisión y conversión .....	170
6.6.2.4.	Análisis de Incertidumbre .....	172
6.6.2.5.	Análisis de resultados.....	175
6.6.2.6.	Actualización de serie temporal.....	175
6.7.	Quemado de biomasa (3C1).....	176
6.7.1.	Quema de biomasa en tierras forestales (3C1a).....	176
7.	CONTROL DE CALIDAD Y GARANTÍA DE LA CALIDAD .....	177
7.1.	Control de calidad (CC).....	177
7.2.	Garantía de calidad (GC) .....	179
8.	PLAN DE MEJORA .....	182
9.	BIBLIOGRAFIA .....	183
10.	ANEXOS .....	184
	Anexo A: Datos del responsable del RAGEI.....	184
	Anexo B: Juicio de expertos .....	184
	Anexo C: Procedimiento de control de calidad.....	184

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra de la superficie total del país, para el período 1997-2016 .....	22
Tabla 2. Insumos para elaborar las matrices de uso y cambio de uso.....	23
Tabla 3. Correspondencia entre las clases del Mapa de cambio de uso de tierras del PNCBMCC y las categorías de tierras del IPCC .....	24
Tabla 4. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el Bioma Amazonía para el período 2014-2016.....	25
Tabla 5. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el Bioma Amazonía para el período 1997-2016.....	25
Tabla 6. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el Bioma Costa, período 2014-2016 .	27
Tabla 7. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el Bioma Sierra, período 2014-2016 .	27
Tabla 8. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el Bioma Costa, período 1997-2016 .	29
Tabla 9. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el Bioma Sierra, período 1997-2016 .	29
Tabla 10. Categorías, reservorios y gases considerados y evaluados en el Sector UTCUTS .....	30
Tabla 11. Gases estimados en el RAGEI 2016. ....	31
Tabla 12. Valores de Incertidumbre proveniente del dictamen de expertos .....	32
Tabla 13. Valores de incertidumbre para los factores de emisión por defecto.....	32
Tabla 14. Valores de incertidumbre del sector UTCUTS. ....	35
Tabla 15. Emisiones de GEI del sector UTCUTS en el año 2016. ....	36
Tabla 16. Resumen de las emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> del sector, por reservorio de carbono, año 2016.....	39
Tabla 17. Serie temporal de emisiones originales y actualizadas. ....	45
Tabla 18. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en tierras forestales que permanecen como tierras forestales. ....	55
Tabla 19. Superficie de tierras forestales que permanecen como tierras forestales con incremento de biomasa .....	57
Tabla 20. Producción de madera rolliza por especie (m <sup>3</sup> /año).....	57
Tabla 21. Consumo anual de leña a nivel nacional .....	61
Tabla 22. Factores de emisión empleados para estimar ganancias y pérdidas de carbono del reservorio de biomasa viva .....	62
Tabla 23. Incertidumbre de las emisiones de CO <sub>2</sub> para la categoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales. ....	63
Tabla 24. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales. ....	63
Tabla 25. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la categoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales. ....	65
Tabla 26. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en Tierras convertidas en tierras forestales.....	77
Tabla 27. Proporción de plantaciones forestales instaladas dentro de las Tierras convertidas en tierras forestales. ....	81
Tabla 28. Superficie de tierras convertidas en tierras forestales.....	81
Tabla 29 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio biomasa viva. ....	83

Tabla 30 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio materia orgánica muerta. ....	84
Tabla 31 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo. ....	84
Tabla 32. Incertidumbre de las emisiones de CO <sub>2</sub> para la categoría tierras convertidas en tierras forestales. ....	85
Tabla 33. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras convertidas en tierras forestales. ....	86
Tabla 34. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la categoría tierras convertidas en tierras forestales. ....	87
Tabla 35. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo. ....	96
Tabla 36. Superficie instalada de cultivos perennes por región. ....	98
Tabla 37. Superficie de tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo. ....	100
Tabla 38. Factores de emisión empleados para estimar ganancias y pérdidas de carbono del reservorio de biomasa viva. ....	100
Tabla 39 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo. ....	101
Tabla 40. Incertidumbre de las emisiones de CO <sub>2</sub> para la categoría tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo. ....	102
Tabla 41. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo. ....	102
Tabla 42. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la categoría tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo. ....	103
Tabla 43. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en Tierras convertidas en tierras de cultivo. ....	114
Tabla 44. Superficie de tierras convertidas en tierras de cultivo, 1997 – 2016. ....	117
Tabla 45 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio biomasa viva. ....	118
Tabla 46 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio materia orgánica muerta. ....	119
Tabla 47 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo. ....	119
Tabla 48. Incertidumbre de la categoría tierras convertidas en tierras de cultivo. ....	120
Tabla 49. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras convertidas en tierras de cultivo. ....	121
Tabla 50. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la categoría tierras convertidas en tierras de cultivo. ....	121
Tabla 51. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en Pastizales que permanecen como pastizales. ....	127
Tabla 52. Superficie de pastizales que permanecen como pastizales. ....	129
Tabla 53 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo. ....	129

Tabla 54. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en tierras convertidas en pastizales. ....	138
Tabla 55. Superficie de tierras convertidas en pastizales para el período 1997 – 2016. ....	139
Tabla 56 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio biomasa viva .....	140
Tabla 57 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio materia orgánica muerta. ....	140
Tabla 58. Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo. ....	141
Tabla 59. Incertidumbre de las emisiones de CO <sub>2</sub> para la categoría tierras convertidas en pastizales. ....	142
Tabla 60. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras convertidas en pastizales. ....	142
Tabla 61. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la subcategoría tierras convertidas en pastizales .....	143
Tabla 62. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en tierras convertidas en asentamientos .....	155
Tabla 63. Superficie de tierras convertidas en asentamientos, 1997 - 2016. ....	156
Tabla 64 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio biomasa viva. ....	157
Tabla 65. Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio materia orgánica muerta .....	157
Tabla 66. Valores del Carbono Orgánico de Referencia en los suelos y factores empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo .....	158
Tabla 67. Incertidumbre de las emisiones de CO <sub>2</sub> para la categoría tierras convertidas en asentamientos. ....	159
Tabla 68. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras convertidas en asentamientos. ....	159
Tabla 69. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la categoría tierras convertidas en asentamientos. ....	160
Tabla 70. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en Tierras convertidas en otras tierras .....	169
Tabla 71. Superficie de Tierras convertidas en otras tierras para el período 1997 - 2016 .....	170
Tabla 72. Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio biomasa viva .....	170
Tabla 73. Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo. ....	171
Tabla 74. Incertidumbre de las emisiones de CO <sub>2</sub> para la categoría tierras convertidas en otras tierras. ....	173
Tabla 75. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras convertidas en otras tierras. ....	173
Tabla 76. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la categoría tierras convertidas en otras tierras .....	174
Tabla 77. Procedimientos de control de calidad específicos aplicados .....	177

Tabla 78. Procedimiento de garantía de calidad aplicado a las subcategorías del sector UTCUTS .....	179
Tabla 79. Acciones de mejora planificadas para futuros RAGEI.....	182
Tabla 80. Procedimientos generales de control de calidad .....	184
Tabla 81. Procedimiento de garantía de calidad aplicado a las subcategorías del sector UTCUTS .....	187

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pérdida de bosque anual en el bioma Amazonía (2001 – 2016).....	18
Figura 2. Estructura de arreglos institucionales para elaboración del RAGEI 2016.....	19
Figura 3. Etapas en la preparación de mapas sobre el Uso y Cambio de Uso de la Tierra .....	23
Figura 4. Proceso metodológico para la obtención superficies de uso y cambio de uso en los biomas Costa y Sierra .....	26
Figura 5. Emisiones y remociones de GEI (GgCO <sub>2</sub> eq) por subcategorías, año 2016. ....	38
Figura 6. Distribución de emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> por reservorios de carbono, año 2016 .....	41
Figura 7. Cambios en las emisiones de GEI del sector UTCUTS para el periodo 2014- 2016 [GgCO <sub>2</sub> eq].....	42
Figura 8. Evolución de emisiones de GEI del Sector UTCUTS para el período 1994- 2012 (GgCO <sub>2</sub> eq).....	42
Figura 9. Cambios en las emisiones de GEI del Sector UTCUTS para el período 2014 – 2016 (GgCO <sub>2</sub> eq).....	43
Figura 10. Cambio de las GEI totales del Sector UTCUTS para el período 1994 – 2012 (GgCO <sub>2</sub> eq). .....	44
Figura 11. Actualización de la serie temporal de emisiones de GEI del sector UTCUTS (GgCO <sub>2</sub> eq) .....	47
Figura 12. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en las tierras forestales que permanecen como tierras forestales. ....	50
Figura 13. Distribución de las emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> por reservorios de carbono de las tierras forestales que permanecen como tierras forestales, 2016.....	66
Figura 14. Cambio de las emisiones de GEI de las Tierras Forestales que permanecen como tierras forestales para el período 2014 – 2016 (GgCO <sub>2</sub> eq) .....	67
Figura 15. Evolución de emisiones de GEI de las tierras Forestales que permanecen como tierras forestales para el período 1994 – 2012 (GgCO <sub>2</sub> eq) .....	67
Figura 16. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en las tierras convertidas en tierras forestales.....	69
Figura 17. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en las tierras convertidas en forestales.....	72
Figura 18. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales para las tierras convertidas en tierras forestales. ....	74
Figura 19. Distribución de las emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> por reservorios de carbono en las tierras convertidas en tierras forestales, 2016 .....	88
Figura 20. Cambios en las remociones de GEI de las Tierras convertidas en tierras forestales para el período 2014 – 2016 (GgCO <sub>2</sub> eq).....	89
Figura 21. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en las tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo.....	91

Figura 22. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo. ....	93
Figura 23. Emisiones en tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo por reservorio de carbono, 2016. ....	103
Figura 24. Cambios en las emisiones de GEI de las tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo para el período 2014 – 2016 (GgCO <sub>2</sub> eq).....	104
Figura 25. Evolución de emisiones de GEI de las tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo para el período 2000 – 2012 (GgCO <sub>2</sub> eq).....	105
Figura 26. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en tierras de cultivo. ....	106
Figura 27. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en tierras convertidas en tierras de cultivo. ....	109
Figura 28. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en tierras de cultivo.....	111
Figura 29. Distribución de las emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> por reservorios de carbono, 2016. ....	122
Figura 30. Cambios en las emisiones de GEI para la categoría tierras convertidas en tierras de cultivo para el período 2014 – 2016 (GgCO <sub>2</sub> eq).....	123
Figura 31. Evolución de emisiones de GEI de las tierras convertidas en tierras de cultivo para el período 1994 – 2012 (GgCO <sub>2</sub> eq). ....	123
Figura 32. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales por pastizales que permanecen como pastizales.....	125
Figura 33. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en pastizales. .	131
Figura 34. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en tierras que se convierten en pastizales.....	134
Figura 35. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en pastizales.....	136
Figura 36. Distribución de las emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> por reservorios de carbono, 2016. ....	144
Figura 37. Cambios en las emisiones de GEI de las tierras convertidas en pastizales para el período 2014 – 2016 (GgCO <sub>2</sub> eq) .....	145
Figura 38. Serie temporal de emisiones de emisiones de GEI en el periodo 1994 - 2012.....	145
Figura 39. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en asentamientos..	148

Figura 40. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en tierras convertidas en asentamientos.....	151
Figura 41. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales por categoría de uso de la tierra. ....	153
Figura 42. Emisiones en tierras convertidas en asentamientos por reservorio de carbono, 2016 .....	161
Figura 43. Cambios en las emisiones de GEI de las tierras convertidas en asentamientos para el período 2014 – 2016 (GgCO <sub>2</sub> eq). ....	162
Figura 44. Evolución de emisiones de GEI de las tierras convertidas en asentamientos para el período 2000 – 2012 (GgCO <sub>2</sub> eq). ....	162
Figura 45. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en otras tierras. ....	164
Figura 46. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en otras tierras. ....	167
Figura 47. Distribución de las emisiones y remociones de CO <sub>2</sub> por reservorios de carbono, 2016. ....	175
Figura 48. Cambio en las emisiones de GEI en el periodo 2014 – 2016 .....	175
Figura 49. Serie temporal de emisiones de emisiones de GEI en el periodo 1994 - 2012.....	176

## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

A	Asentamientos
AAA	Suelos con minerales de Arcilla de Alta Actividad
ABA	Suelos con minerales de Arcilla de Baja Actividad
AGB	Biomasa sobre el suelo ( <i>Aboveground Biomass</i> )
AILAC	Asociación Independiente de América Latina y el Caribe
ASOUT	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo (equivalente a AFOLU por sus siglas en inglés: <i>Agriculture, Forestry and Other Land Uses</i> )
BCEF	Factor de expansión y conversión de biomasa (del inglés <i>Biomass Conversion and Expansion Factors</i> )
BGB	Biomasa bajo el suelo ( <i>Bellow-ground Biomass</i> )
Bv	Biomasa Viva
C	Carbono
CC	Control de calidad
CH <sub>4</sub>	Metano
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CO <sub>2</sub> eq	Dióxido de Carbono equivalente
COS	Carbono Orgánico del Suelo
COS <sub>ref</sub>	Valor de referencia de las reservas de Carbono Orgánico del Suelo
DB	Densidad Básica
DEAM	Dirección de Evaluación Ambiental
DERN	Dirección de Evaluación de los Recursos Naturales
DGA	Dirección General Agrícola
DGAA	Dirección General de Asuntos Ambientales
DGAAA	Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios
DGCCD	Dirección General de Cambio Climático y Desertificación
DGFFS	Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre (ahora SERFOR)
dm	Materia seca (del inglés <i>dry matter</i> )
DMGEI	Dirección de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero - MINAM
DS	Decreto Supremo
EMEP	<i>European Monitoring and Evaluation Programme</i>
ESA	Agencia Espacial Europea (del inglés <i>European Space Agency</i> )
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> )
FC	Fracción de Carbono
FE	Factor de Emisión
FEB	Factor de Expansión de la Biomasa
F <sub>i</sub>	Factor por defecto de cambio de las existencias para Entrada (del inglés <i>Input</i> )
F <sub>LU</sub>	Factor por defecto de cambio de las existencias para Uso de la Tierra (del inglés <i>Land Use</i> )
F <sub>MG</sub>	Factor por defecto de cambio de las existencias para Gestión (del inglés <i>Management</i> )
FSC	Consejo de Administración Forestal (del inglés <i>Forest Stewardship Council</i> )
GC	Garantía de la Calidad
GEI	Gases de Efecto Invernadero
Gg	Gigagramo

GgCH <sub>4</sub>	Gigagramos de Metano
GgCO <sub>2</sub> eq	Gigagramos de Dióxido de Carbono equivalente
GgN <sub>2</sub> O	Gigagramos de Óxido Nitroso
GTA	Grupo Técnico de Apoyo para la elaboración del RAGEI del sector UTCUTS
H	Humedales
ha	Hectárea
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INFOCARBON	Disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto
O	Invernadero
InfoBase	Información base
InfoProc	Información procesada
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático ( <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> )
kg	Kilogramo
LFFS	Ley Forestal y de Fauna Silvestre
m	Metros
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
MINAM	Ministerio del Ambiente
MJ	Mega Joules
MMCB	Módulo de Monitoreo de la Cobertura de Bosques
MOM	Materia Orgánica Muerta
N	Nitrógeno
NA	No aplica
NE	No Estimado
NO	No Ocurre
NR	No Realizado
NREF	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales por Deforestación del Bioma Amazónico
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
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OT	Otras Tierras
P	Pastizales
PCA	Potencial de Calentamiento Atmosférico
PCG	Potencial de Calentamiento Global (GWP en inglés, <i>Global Warming Potential</i> )
PMACC	Planes de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático
PNCBMCC	Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (del Inglés UNEP: <i>United Nations Environment Programme</i> )
RAGEI	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
RedINGEIs/f	Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero Sin fecha
SERFOR	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

SIG	Sistemas de Información Geográfica
SNIFFS	Sistema Nacional de Información Forestal y de Fauna Silvestre
TACCC	Transparencia, precisión, exhaustividad, consistencia, comparabilidad (del inglés <i>Transparency, Accuracy, Completeness, Consistency, Comparability</i> )
TC	Tierras de cultivo (Tierras Agrícolas)
TF	Tierras Forestales
TJ	Tera Joules
Ton	Toneladas
UNALM	Universidad Nacional Agraria la Molina
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (equivalente a USCUS o Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura)

## RESUMEN EJECUTIVO

El Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del Sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura - UTCUTS del año 2016 (RAGEI 2016), describe el proceso de estimación de emisiones de GEI del año 2016 y el recálculo de las estimaciones de los años 2014, 2012, 2010, 2005, 2000 y el cálculo del año base 1994.

El RAGEI 2016 presenta los resultados de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), asociados a las actividades de uso y cambio de uso de las tierras, calculadas aplicando la metodología de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Los valores de GEI se reportan en forma agregada, expresados en dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq), utilizando el Poder de Calentamiento Global (PCG) proporcionados por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en su Segundo Informe de Evaluación, que se basan en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de cien años.

Las emisiones del año 2016 se han estimado en 108,991.29 GgCO<sub>2</sub>eq. La principal fuente de emisión fue la subcategoría tierras de cultivo con 51,450.82 GgCO<sub>2</sub>eq que representa el 47.21% del total, seguida por la subcategoría pastizales con 41,309.08 GgCO<sub>2</sub>eq, equivalente al 37.90%. Las demás subcategorías como: tierras forestales (8.99%), asentamientos (4.62%) y otras tierras (1.28%) representaron un total de 14.89% de las emisiones de GEI en el sector.

Respecto a la evolución de emisiones de GEI, se tiene que las emisiones del año 2016 se incrementaron en 3.16% respecto al año 2014.

El presente RAGEI 2016 constituye un hito importante porque presenta estimaciones de emisiones de GEI con las Directrices del IPCC de 2006, el cual contribuye a adelantarnos al cumplimiento de los nuevos requerimientos del Marco Reforzado de Transparencia<sup>1</sup>, dispuesto en el Acuerdo de París, que serán operativizados a través del INFOCARBONO, herramienta del MRV de mitigación del Sistema para el Monitoreo de las Medidas de Adaptación y Mitigación establecido en el artículo 32 y 51 del Reglamento de la Ley Marco sobre Cambio Climático.

---

<sup>1</sup> Las Modalidades, Procedimientos y Directrices del Marco de Transparencia para la acción y apoyo referido en el Artículo 13 del Acuerdo de París, adoptado en la Decisión 18/CMA.1 de la CMNUCC, establece que las Partes deberán presentar su primer informe bienal de transparencia y su informe del inventario nacional (aplicando las Directrices del IPCC de 2006 y cualquier versión o refinamiento posterior), a más tardar el 31 de diciembre de 2024.

Recuperado de: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018\\_3\\_add2\\_new\\_advance.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018_3_add2_new_advance.pdf)

## 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).

Como parte de las disposiciones del INFOCARBONO, se establece la elaboración de los Reportes Anuales de Gases de Efecto invernadero (RAGEI) de cada uno de los cinco sectores comprendidos en las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC): Energía, Desechos, Procesos Industriales y Uso de Productos, Agricultura y Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS). Estos reportes son responsabilidad de las instituciones relevantes, con acompañamiento técnico de MINAM.

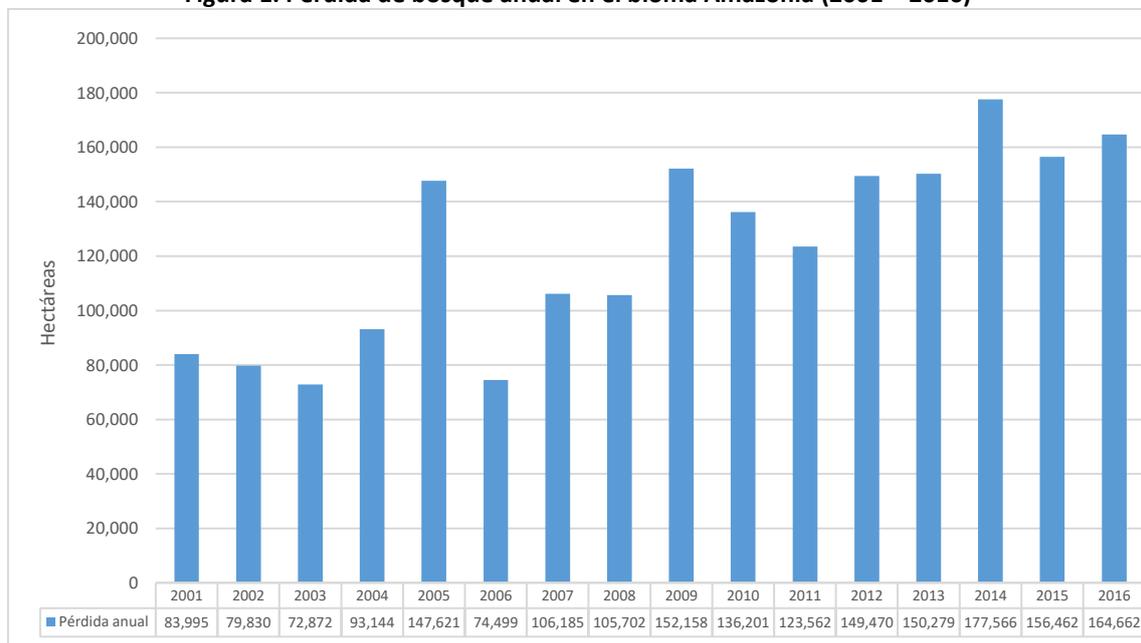
Para la elaboración del RAGEI 2016 del sector UTCUTS, se conformó el Grupo Técnico de Apoyo (GTA) conformado por la Dirección General de Cambio Climático y Desertificación (DGCCD) y el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación al Cambio Climático (PNCBMCC) del Ministerio del Ambiente (MINAM), y el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI).

**2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR**

Los bosques húmedos amazónicos representan el 94.00% de total de bosques en el Perú y se ubican en 15 departamentos: Amazonas, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Junín, La Libertad, Loreto, Madre De Dios, Pasco, Piura, Puno, San Martín y Ucayali<sup>2</sup>.

Entre los años 2001 y 2016, la deforestación bruta en la Amazonía Peruana acumuló una pérdida total de bosque de 1,974,208.00 ha, con un promedio anual de pérdida de 123,388.00 ha. Durante el año 2016, se registró una pérdida de 164,662.00 ha de bosques húmedos amazónicos. Esta cifra es 5.20% mayor respecto al 2015, pero 7.30% menos que el 2014. De esa manera, al 2016, la superficie de bosques húmedos amazónicos remanente en el país fue de 68,733,265.00 ha<sup>3</sup>. La Figura 21, presenta la pérdida de bosque anual en el bioma Amazonía durante el periodo 2001 – 2016.

**Figura 1. Pérdida de bosque anual en el bioma Amazonía (2001 – 2016)**



Fuente: PNCBMCC - MINAM

La información sobre bosques en el Perú es generada por el Módulo de Monitoreo de la Cobertura de Bosques (MMCB)<sup>4</sup>, que es coordinado por el MINAM, a través del Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC), en forma colaborativa con el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) del MIDAGRI. El MMCB tiene mapeado el 94 % del total de la superficie de bosques en el país, que corresponde a los bosques húmedos amazónicos, asimismo, se ha trabajado en el desarrollo de una metodología para el monitoreo de los bosques secos, y se espera hacer lo propio para monitorear los bosques andinos. El objetivo es contar con el monitoreo de la totalidad de bosques en el Perú, ya que actualmente se conoce muy poco sobre la situación de conservación de los bosques de los biomas de Costa y Sierra.

<sup>2</sup> Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático. 2019. Apuntes del Bosque N°1: Cobertura y deforestación en los bosques húmedos amazónicos 2018. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/ffd/65725>

<sup>3</sup> Módulo de Monitoreo de la Cobertura de Bosques. Recuperado de: <http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>

<sup>4</sup> Creado mediante Decreto Legislativo N° 1220-2015

## 3. PROCESO DE ELABORACION DEL RAGEI

### 3.1. Organización para la elaboración del RAGEI

La elaboración del RAGEI 2016 del sector UTCUTS, está a cargo de la Dirección General de Cambio Climático y Desertificación (DGCCD) y el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación al Cambio Climático (PNCBMCC) del Ministerio del Ambiente (MINAM), y el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI).

### 3.2. Procedimientos y arreglos para la elaboración del RAGEI

El DS N° 018-2015-MINAGRI que aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal de la LFFS, en su artículo 21° establece que el Sistema Nacional de Información Forestal y de Fauna Silvestre (SNIFFS) se encuentra organizado en distintos módulos. Adiciona también que por decisión del Consejo Directivo del SERFOR puede encargar la elaboración de módulos a otras entidades considerando sus competencias.

La Sexta Disposición Complementaria del DL N° 1220 “Decreto Legislativo que aprueba Medidas para la Lucha Contra La Tala Ilegal”, establece que la implementación del Módulo de Monitoreo de Cobertura de Bosques (MMCB) está bajo la coordinación del MINAM en forma colaborativa con SERFOR, y que constituye parte del SNIFFS.

El DL 1319, declara de interés nacional la implementación del SNIFFS, como herramienta del Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre (SINAFOR), y cuya conducción, incluidos sus módulos, se encuentra a cargo del SERFOR, sin perjuicio que la coordinación de los módulos puedan estar a cargo de otras entidades conforme a ley o a lo dispuesto en las normas reglamentarias de la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre; asimismo, la coordinación con el MINAM respecto a la implementación del MMCB.

De acuerdo con el diagnóstico sobre los requerimientos de información para generar el RAGEI, el PNCBMCC del MINAM en forma colaborativa con el SERFOR sería el encargado de la elaboración del RAGEI del sector UTCUTS. Para ello, se conforma el Grupo Técnico de Apoyo (GTA) conformado por la DGCCD, el PNCBMCC y el SERFOR, que mantiene la organización descrita en la Figura 2.

**Figura 2. Estructura de arreglos institucionales para elaboración del RAGEI 2016**



Fuente: Elaboración propia

La DMGEI se encarga de convocar, centralizar y dirigir las reuniones; que se llevan a cabo a lo largo del proceso de elaboración del RAGEI. Todas las decisiones se consultan y aprueban en el grupo. La mayor parte de la información del RAGEI, proviene de la MNCB del PNCBMCC y, en segundo lugar, de la Dirección de Información y Registro (DIR) y la Dirección de Inventario y Valoración (DIV) de la Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR - MIDAGRI.

En cuanto a datos de actividad, Perú ha desarrollado un protocolo para la medición de los cambios de cobertura forestal y el mapeo de sus tierras forestales que se aplicó en la Amazonía Peruana. Asimismo, se ha elaborado un protocolo para el mapeo de la cobertura y uso del suelo y de los cambios que fue aplicado para la construcción de las trayectorias en el uso de la tierra de los periodos 1995-2000<sup>5</sup>, 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013 y 2013- 2016. Por otro lado, para lograr representar la superficie nacional se buscaron otras fuentes de información espacial para representar los biomas Costa y Sierra, por lo que fue utilizada información de mapeo global de *The European Space Agency* (ESA)<sup>6</sup>, que ofrece mapas globales de cobertura de suelo desde 1992 hasta 2018.

Sobre Factores de emisión, el Perú cuenta actualmente con datos nacionales sobre los contenidos de carbono de la biomasa arbórea aérea en los bosques, provenientes del levantamiento en campo de datos de parcelas, como parte de las actividades implementadas por el Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (INFFS) del Perú. El RAGEI 2016 recoge los resultados publicados en el Informe Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – Panel 1<sup>7</sup>, que corresponde a un avance al 20.00% de la muestra nacional.

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

Para la elaboración del RAGEI del sector UTCUTS del año 2016, se han tomado en consideración los procedimientos generales de control de calidad dispuestos en el Capítulo 6 de las Directrices del IPCC de 2006, que incluyen chequeos generales relativos a los cálculos, procesamiento de la data y documentación que son aplicables a todas las categorías de un inventario de GEI. De este proceso se resalta la implementación de acciones de revisión de la información de entrada utilizada (coherencia, documentación, entre otros). Los procedimientos específicos aplicados se presentan en la Sección 7 del presente reporte.

Asimismo, el RAGEI 2016 fue sometido a una garantía de la calidad por expertos internacionales sobre la aplicación de las Directrices del IPCC de 2006. Dichas recomendaciones, así como las acciones de implementación realizadas se presentan en la sección 7 del presente reporte.

---

<sup>5</sup>Los mapas generados están disponibles en la plataforma GEOBOSQUES, no obstante, el período 1995-2000 no ha sido publicado y debe solicitarse al PNCBMCC.

<sup>6</sup>Recuperado de: <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php>

<sup>7</sup>Recuperado de: <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2020/03/INFORME-DEL-INFFS-PANEL-1.pdf>

## 4. METODOLOGÍA APLICADA

### 4.1. Representación Coherente de las Tierras

Las categorías de uso de la tierra se definieron en base a las Directrices del IPCC de 2006, es así, que toda la superficie nacional se encuentra representada en seis categorías de uso: Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, Humedales, Asentamientos y Otras tierras. Asimismo, cada categoría de uso ha sido analizada según subcategorías nacionales a partir de la estratificación de la superficie nacional en tres biomas: Amazonía, Costa y Sierra.

A partir de información espacial de uso y cambio uso de la tierra de fuente nacional y global, se han elaborado matrices de uso y cambio de uso de la tierra para cada año de la serie de INGEI. Para lograr la representación de la superficie nacional, se construyeron matrices de uso y cambio de uso para cada periodo de cambio entre un año inventario y el siguiente, logrando así representar los periodos 1994 – 2000, 2000 -2005, 2005-2010, 2010 -2012, 2012-2014, y 2014-2016 en los tres biomas analizados. Además, como parte de la mejora de la calidad del INGEI 2016, se construyeron matrices de uso y cambio de uso de la tierra considerando la dependencia temporal de 20 años señalada por las Directrices del IPCC, logrando representar al bioma Amazonía con matrices para los periodos 1975-1994, 1981-2000, 1986-2005, 1991-2010, 1993-2012, 1995-2014, y 1997-2016; y a los biomas Costa y Sierra, con matrices para los periodos 1995-2014, y 1997-2016.

Todas las matrices construidas han sido utilizadas como datos de actividad para realizar todas las estimaciones del sector UTCUTS.

Con respecto a los métodos aplicados, para representar las tierras del bioma Amazonía en el INGEI 2016 y en la actualización de los años 2000, 2005, 2010, 2012, y 2014, se ha empleado el método 3, gracias a la disponibilidad de productos del monitoreo satelital de los bosques amazónicos para los periodos 1995-2000, 2000, 2011, 2011-2013, y 2013 – 2016, y a técnicas de modelamiento espacial que han sido aplicadas para reconstruir el periodo histórico entre los años 1975 y 1994. Es así que, para este bioma, se han generado matrices de uso y cambio de uso de la tierra de 20 años para los periodos 1975-1994, 1981-2000, 1986-2005, 1991-2010, 1993-2012, 1995-2014, y 1997-2016.

En el caso de los biomas de Costa y Sierra se ha empleado el método 2 para la representación de las tierras en el INGEI 2016 y en la actualización del año 2014, producto del uso de mapas de cobertura de uso globales de *The European Space Agency* (ESA), donde están disponibles mapas globales de cobertura de suelo desde 1992 hasta 2018, lo que ha permitido construir matrices de 20 años para los periodos 1997 – 2016 y 1995 - 2014. En el caso de la actualización de los años 2000, 2005, 2010 y 2012, se ha empleado el método 1, ya que, debido a limitaciones de información, no ha sido posible construir matrices de 20 años para los periodos 1975-1994, 1981-2000, 1986-2005, 1991-2010, 1993-2012.

La siguiente Tabla presenta la superficie de cada uso de la tierra y sus respectivas permanencias y conversiones durante un periodo de 20 años para toda la superficie nacional (incluye a los biomas Amazonía, Costa y Sierra). Las superficies resaltadas en la diagonal corresponden a las tierras que se mantienen en el mismo uso, mientras que las áreas por fuera de la diagonal corresponden a las superficies que se encuentran en conversión de una categoría a otra durante 20 años. La superficie de cambio de uso de cada categoría es igual a la suma de los cambios anuales entre dos categorías específicas en un período de 20 años.

**Tabla 1. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra de la superficie total del país, para el período 1997-2016**

Período 1997 - 2016	Tierras forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	1997
Tierras forestales	72,769,135.64	834,552.78	1,298,566.49	12,253.06	62,443.07	88,604.18	75,065,555.21
Tierras de cultivs	9,613.08	5,711,464.96	531,384.95	8,682.13	7,172.72	2,855.30	6,271,173.14
Pastizales	57,540.96	639,229.73	35,274,866.55	80,841.36	39,017.13	180,959.75	36,272,455.49
Humedales	1,992.42	3,967.42	17,128.19	3,091,133.34	282.38	516.11	3,115,019.85
Asentamientos	-	434.52	3,607.38	682.38	168,920.42	-	173,644.70
Otras tierras	4,345.97	5,334.53	320,747.62	2,486.66	12,550.82	8,183,275.47	8,528,741.05
2016	72,842,628.06	7,194,983.94	37,446,301.17	3,196,078.92	290,386.53	8,456,210.82	129,426,589.44

Fuente: GTA, 2020

Los insumos utilizados para la representación de las tierras son descritos en la siguiente tabla:

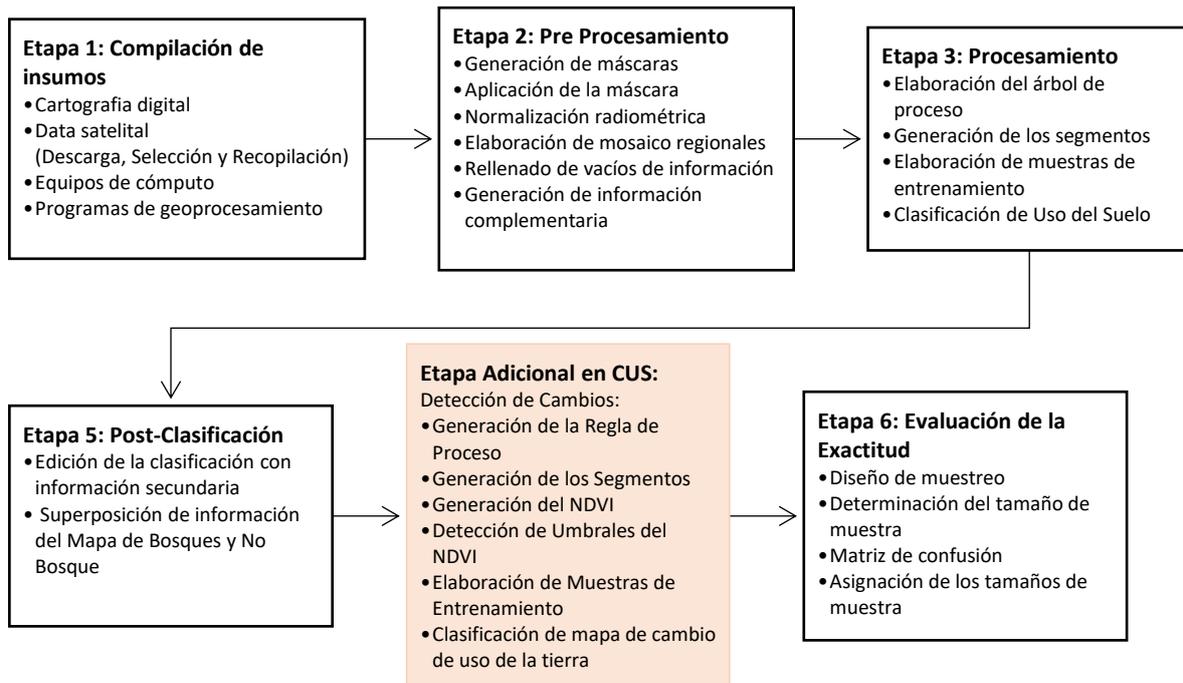
**Tabla 2. Insumos para elaborar las matrices de uso y cambio de uso**

Información	Fuente
Mapa de Cambio de Uso de la Tierra periodos 1995-2000, 2000-2011, 2011-2013, y 2013 – 2016	Recuperado de: <a href="http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/descargas.php">http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/descargas.php</a>
Mapas de cobertura de uso global del Proyecto CCI-LC de <i>The European Space Agency</i> (ESA). Años 1994, 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016	Recuperado de: <a href="http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php">http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php</a>

Fuente: GTA, 2020

El Mapa de Cambio de Uso de la Tierra del MNCB fue el principal insumo utilizado para el análisis del bioma Amazonía. El procedimiento seguido para su desarrollo se esquematiza en la Figura 3.

**Figura 3. Etapas en la preparación de mapas sobre el Uso y Cambio de Uso de la Tierra**



Fuente: PNCBMCC – MINAM

En el Mapa de Uso y Cambio de Uso de la Tierra se identificaron once clases de cobertura: Bosques, Humedales en Bosques, Agricultura, Pastizales/Herbazales, Sabanas Hidromórficas, Cuerpos de Agua, Humedales en No Bosque, Áreas Artificiales, Áreas Mineras, Suelo Desnudo y Vegetación Secundaria. La matriz de uso y cambio de uso para la Amazonía se elaboró asignando las clases (y subclases) de cobertura generadas bajo la categoría de uso de la tierra del IPCC respectiva, tal como se indica en la Tabla 3.

**Tabla 3. Correspondencia entre las clases del Mapa de cambio de uso de tierras del PNCBMCC y las categorías de tierras del IPCC**

Clases de Cobertura Mapas Cambio de Uso de Tierras	Categorías de la Tierra (Directrices del IPCC de 2006)					
	Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras Tierras
	Bosque Primario	Agricultura	Pastizal/ Herbazal	Cuerpos de Agua	Áreas Artificializadas	Áreas Mineras
Humedales boscosos	Vegetación Secundaria		Humedales en No Bosque			

Fuente: PNCBMCC - MINAM

Asimismo, según lo indicado por las Directrices del IPCC de 2006, se consideró la dependencia temporal de un periodo de 20 años de los cambios de uso de la tierra. Para esto, fue necesario reconstruir la serie histórica del periodo 1975-1994, para evitar sesgos en las estimaciones.

Dada la falta de imágenes de alta resolución que permitiera utilizar la misma metodología de muestreo descrita anteriormente, se utilizó un método de modelamiento espacial para completar el periodo 1975-1994. A partir de los mapas de uso y cambio de uso de tierras para el bioma Amazonía, se generó un modelo espacial en función a la dinámica de cambio que se observó durante el periodo 2000 – 2005, el cual fue el mejor que se ajustó a los datos con una exactitud de 53.00%. El ajuste del modelo permitió realizar la proyección hacia el año 1975, buscando guardar consistencia en los periodos de cambio a través de transiciones cada cinco años. De esta forma, se logró construir una serie consistente de superficies en permanencia y en conversión para cada una de las categorías de uso de tierra.

Fue así que para el bioma Amazonía, se han generado matrices de 20 años de uso y cambio de uso de la tierra para los periodos 1975-1994, 1981-2000, 1986-2005, 1991-2010, 1993-2012, 1995-2014, y 1997-2016, lo cual representa una mejora sustancial en la calidad del inventario de 2016 respecto reportes anteriores.

A continuación, las Tabas 4 y 5 presentan la matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el bioma Amazonía, para el período 2014-2016 y para el período 1997 – 2016, respetivamente.

**Tabla 4. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el Bioma Amazonía para el período 2014-2016**

Período 2014 - 2016	Tierras forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	2014
Tierras forestales	68,735,804.94	166,423.44	149,483.58	1,727.10	14,210.34	636.06	69,068,285.46
Tierras de cultivo	-	1,653,415.44	51,996.60	1,048.14	212.34	-	1,706,672.52
Pastizales	-	73,721.94	5,200,212.24	4,216.14	2,888.94	536.04	5,281,575.30
Humedales	-	557.10	444.00	2,115,395.25	33.00	-	2,116,429.35
Asentamientos	-	237.84	1,809.36	92.82	105,409.80	-	107,549.82
Otras tierras	-	134.88	956.52	77.40	-	27,119.49	28,288.29
<b>2016</b>	<b>68,735,804.94</b>	<b>1,894,490.64</b>	<b>5,404,902.30</b>	<b>2,122,556.85</b>	<b>122,754.42</b>	<b>28,291.59</b>	<b>78,308,800.74</b>

Fuente: GTA, 2020

**Tabla 5. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el Bioma Amazonía para el período 1997-2016**

Período 1997 - 2016	Tierras forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	1997
Tierras forestales	68,735,804.22	819,598.70	1,204,873.02	10,113.71	61,663.90	7,099.69	70,839,153.23
Tierras de cultivo	-	589,488.01	487,130.06	8,100.68	4,107.73	588.29	1,089,414.77
Pastizales	-	481,397.63	3,690,046.37	74,324.95	15,821.21	3,444.88	4,265,035.04
Humedales	-	3,219.70	14,444.66	2,027,017.89	90.00	507.11	2,045,279.36
Asentamientos	-	434.52	3,607.38	682.38	40,937.40	-	45,661.68
Otras tierras	-	352.08	4,800.82	2,317.68	134.28	16,651.80	24,256.66
<b>2016</b>	<b>68,735,804.22</b>	<b>1,894,490.64</b>	<b>5,404,902.30</b>	<b>2,122,557.30</b>	<b>122,754.51</b>	<b>28,291.77</b>	<b>78,308,800.74</b>

Fuente: GTA, 2020

Para los biomas de Costa y Sierra se utilizó información del Proyecto CCI-LC de *The European Space Agency* (ESA), que ofrece mapas globales de cobertura de suelo desde 1992 hasta 2018, con una resolución espacial de 300 metros. Estos mapas fueron convertidos a resolución de 30 metros, y cortados según los límites nacionales del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NERF). La Figura 4 detalla el proceso metodológico que se realizó para la obtención de la información de superficies de uso para los biomas de Costa y Sierra.

**Figura 4. Proceso metodológico para la obtención superficies de uso y cambio de uso en los biomas Costa y Sierra**



Fuente: GTA, 2020

A partir de la obtención de superficies de los biomas de Costa y Sierra, se desarrolló el análisis espacial de uso y cambio de uso para los periodos entre inventarios de Perú 1994 -2000, 2000 -2005, 2005-2010, 2010 -2012, 2012-2014, 2014-2016, con el cual se logró construir las matrices de cambio entre los periodos referidos.

La Tabla 6 y Tabla 7 presentan las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el período 2014-2016, para los años para los biomas de Costa y Sierra, respectivamente.

**Tabla 6. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el Bioma Costa, período 2014-2016**

2014 - 2016	Tierras forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	2014
Tierras forestales	3,209,636.70	783.00	613.35	-	38.70	52.92	3,211,124.67
Tierras de cultivo	1,217.16	1,411,592.85	60.30	-	112.68	-	1,412,982.99
Pastizales	178.92	426.33	2,862,038.88	-	1,091.97	2,110.77	2,865,846.87
Humedales	239.67	-	-	65,877.75	-	-	66,117.42
Asentamientos	-	-	-	-	101,100.69	-	101,100.69
Otras tierras	708.57	155.79	19,410.66	-	1,610.64	7,451,067.15	7,472,952.81
<b>2016</b>	<b>3,211,981.02</b>	<b>1,412,957.97</b>	<b>2,882,123.19</b>	<b>65,877.75</b>	<b>103,954.68</b>	<b>7,453,230.84</b>	<b>15,130,125.45</b>

Fuente: GTA, 2020

**Tabla 7. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el Bioma Sierra, período 2014-2016**

2014 - 2016	Tierras forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	2014
Tierras forestales	889,861.77	450.27	9.27	547.47	12.96	-	890,881.74
Tierras de cultivo	999.81	3,872,824.47	5,821.92	-	232.47	36.72	3,879,915.39
Pastizales	3,935.88	13,450.95	29,135,051.82	289.98	917.91	1,293.21	29,154,939.75
Humedales	26.46	9.90	20.34	1,006,806.42	-	-	1,006,863.12
Asentamientos	-	-	-	-	62,421.39	-	62,421.39
Otras tierras	18.90	799.74	18,372.33	-	92.61	973,358.28	992,641.86
<b>2016</b>	<b>894,842.82</b>	<b>3,887,535.33</b>	<b>29,159,275.68</b>	<b>1,007,643.87</b>	<b>63,677.34</b>	<b>974,688.21</b>	<b>35,987,663.25</b>

Fuente: GTA, 2020

Por otro lado, el RAGEI 2016 no incorpora la reconstrucción de la serie histórica del periodo 1975 – 1994 en los biomas de Costa y Sierra, esto por limitaciones de la información disponible. Sin embargo, a partir de la aplicación de métodos de interpolación se logró construir matrices de uso y cambio de uso de periodos de 20 años para los años 1997 – 2016 y 1995 – 2014.

Es necesario que a futuro se logre completar la construcción de una serie histórica consistente de superficies en permanencia y en conversión, reconstruyendo el periodo 1975 – 1994, para cada una de las categorías de uso de la tierra de los biomas Costa y Sierra. Este aspecto está incluido en el plan de mejora del sector UTCUTS.

La Tabla 8 y Tabla 9 presentan las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el período 1997 – 2016, para los biomas de Costa y Sierra, respectivamente.

**Tabla 8. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el Bioma Costa, período 1997-2016**

1997 - 2016	Tierras forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	1997
Tierras forestales	3,161,994.30	8,038.80	83,667.02	155.48	417.20	80,293.77	3,334,566.56
Tierras de cultivo	4,999.14	1,398,150.81	3,928.95	27.00	684.32	1,036.17	1,408,826.39
Pastizales	40,156.02	5,830.29	2,656,750.73	519.39	15,570.68	138,784.05	2,857,611.15
Humedales	546.12	-	42.48	65,156.99	118.26	-	65,863.85
Asentamientos	-	-	-	-	75,946.32	-	75,946.32
Otras tierras	4,285.44	938.07	137,734.02	18.90	11,217.92	7,233,116.85	7,387,311.20
2016	3,211,981.02	1,412,957.97	2,882,123.19	65,877.75	103,954.68	7,453,230.84	15,130,125.45

Fuente: GTA, 2020

**Tabla 9. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el Bioma Sierra, período 1997-2016**

1997 - 2016	Tierras forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	1997
Tierras forestales	871,337.12	6,915.29	10,026.45	1,983.87	361.98	1,210.73	891,835.43
Tierras de cultivo	4,613.94	3,723,826.14	40,325.94	554.45	2,380.68	1,230.84	3,772,931.99
Pastizales	17,384.94	152,001.81	28,928,069.46	5,997.02	7,625.25	38,730.83	29,149,809.30
Humedales	1,446.30	747.72	2,641.05	998,958.47	74.12	9.00	1,003,876.65
Asentamientos	-	-	-	-	52,036.70	-	52,036.70
Otras tierras	60.53	4,044.38	178,212.78	150.08	1,198.62	933,506.82	1,117,173.20
2016	894,842.82	3,887,535.33	29,159,275.68	1,007,643.87	63,677.34	974,688.21	35,987,663.25

Fuente: GTA, 2020

#### 4.2. Metodología para el cálculo de emisiones de GEI

El RAGEI del sector UTCUTS del año 2016 ha sido elaborado aplicando íntegramente la metodología que establece las Directrices del IPCC de 2006.

La Tabla 10 resume las categorías y subcategorías de reporte, reservorios de carbono, y niveles metodológicos aplicados.

**Tabla 10. Categorías, reservorios y gases considerados y evaluados en el Sector UTCUTS**

Código	Descripción	Reservorios de Carbono	Nivel metodológico
<b>3B</b>	<b>Tierras</b>		
<b>3B1</b>	<b>Tierras forestales (TF)</b>		
3B1a	Tierras forestales que permanecen como tierras forestales	BV, MOM, COS	1
3B1b	Tierras convertidas en tierras forestales	BV, MOM, COS	1 y 2
<b>3B2</b>	<b>Tierras de cultivo (TC)</b>		
3B2a	Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo	BV, MOM, COS	1
3B2b	Tierras convertidas en tierras de cultivo	BV, MOM, COS	1 y 2
<b>3B3</b>	<b>Pastizales (P)</b>		
3B3a	Pastizales que permanecen como pastizales	BV, MOM, COS	1
3B3b	Tierras convertidas en pastizales	BV, MOM, COS	1 y 2
<b>3B4</b>	<b>Humedales (H)</b>		
3B4a	Humedales que permanecen como humedales	BV, MOM, COS	NE
3B4b	Tierras convertidas en humedales	BV, MOM, COS	NE
<b>3B5</b>	<b>Asentamientos (A)</b>		
3B5a	Asentamientos que permanecen como asentamientos	BV, MOM, COS	1
3B5b	Tierras convertidas en asentamientos	BV, MOM, COS	1 y 2
<b>3B6</b>	<b>Otras Tierras (OT)</b>		
3B6b	Tierras convertidas en otras tierras	BV, MOM, COS	1 y 2
<b>3C</b>	<b>Fuentes agregadas y emisiones de no CO<sub>2</sub> en otras tierras</b>		
<b>3C1</b>	<b>Quemado de biomasa</b>		
3C1a	Quemado de biomasa en Tierras forestales	BV, MOM, COS	NE

Fuente: GTA, 2020

Nota 1: BV = Biomasa Viva (Biomasa Aérea + Biomasa Subterránea), MOM = Materia Orgánica Muerta (Hojarasca + Madera Muerta), COS = Carbono Orgánico del Suelo.

Nota 2: Las letras grises indican los reservorios de carbono y GEI que no fueron analizados en el presente RAGEI.

Las subcategorías que no fueron estimadas responden, en algunos casos, a los supuestos del nivel metodológico 1 sobre equilibrio en los contenidos de carbono cuando no hay conversión de uso, y en otros, a la falta de información sobre la gestión de las tierras. Las razones específicas están detalladas en la Sección 6 del presente reporte.

El gas estimado en el RAGEI 2016 es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En la Tabla 11 se presentan los gases de GEI estimados en el presente RAGEI.

Tabla 11. Gases estimados en el RAGEI 2016.

Código	Categorías y subcategorías	Categoría IPCC (Directrices del IPCC de 2006)	GEI estimados en el RAGEI 2016
3B	Tierras	Categoría	CO <sub>2</sub>
3B1	Tierras forestales	Subcategoría	CO <sub>2</sub>
3B2	Tierras de cultivo	Subcategoría	CO <sub>2</sub>
3B3	Pastizales	Subcategoría	CO <sub>2</sub>
3B5	Asentamientos	Subcategoría	CO <sub>2</sub>
3B6	Otras tierras	Subcategoría	CO <sub>2</sub>

Fuente: GTA, 2020

### 4.3. Metodología para el análisis de Incertidumbre

Se ha desarrollado el Análisis de Incertidumbre aplicando el método de propagación de error (Método 1) descrito en las OBP2000. Se obtuvo una Incertidumbre Combinada (datos de actividad y factores de emisión), mediante la ecuación de propagación de errores, en la cual la desviación estándar de la suma es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones estándar de las cantidades que se suman, con todas las desviaciones estándar expresadas en términos absolutos.

Se utilizó como base, información procesada proveniente de las entidades competentes del sector, pero, además, fueron utilizados valores por defecto recomendados por las OBP2000, OBP2003, las Directrices del IPCC de 2006 y las Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019, así como 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.

#### 4.3.1. Incertidumbre de los niveles de actividad

Dado que a nivel nacional no se cuentan con valores reales sobre la incertidumbre de los niveles de actividad, en algunos casos se recurrió a la información de dictamen de expertos utilizada en el último RAGEI USCUS 2014, esto fue posible debido a que se utilizaron los mismos valores de datos de actividad. Los valores se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 12. Valores de Incertidumbre proveniente del dictamen de expertos**

Incertidumbre de los datos de actividad				
Parámetro	Límite inferior (%)	Límite superior (%)	Valor a utilizar (%)	Fuente
Producción de madera rolliza por especie (m <sup>3</sup> /año)	-70,00	70,00	70,00	Promedio de data experto, proveniente del RAGEI USCUS 2014 A. 'Carranza, J (2016/12/10). Solicitud de dictamen de expertos. Obtenida del RAGEI - USCUS 2014. Archivo enviado por correo electrónico. Recuperado de <a href="https://mail.minam.gob.pe/owa/#path=/mail">https://mail.minam.gob.pe/owa/#path=/mail</a> B. 'La Torre-Cuadros., MA (2016/12/20). Solicitud de dictamen de expertos RAGEI - USCUS
Consumo estimado anual de leña a nivel nacional (m <sup>3</sup> /año)	-25,00	25,00	25,00	
Superficie cultivada de cultivos con leñosas perennes	-25,00	25	25	Promedio de data experto, proveniente del RAGEI USCUS 2014
Superficie anual pérdida de cultivos perennes en Tierras agrícolas	-25,00	25	25	

Fuente: GTA, 2020

#### 4.3.2. Incertidumbre de los factores de emisión

La incertidumbre de los factores de emisión, corresponde al promedio de los valores por defecto de cada fuente, obtenidos de las OBP2000, OBP2003, Directrices del IPCC de 2006 y las Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019 según sea el caso. La Tabla 13, describe los valores utilizados con las fuentes correspondientes.

**Tabla 13. Valores de incertidumbre para los factores de emisión por defecto**

Incertidumbre de los datos de actividad				
Parámetro	Límite inferior (%)	Límite superior (%)	Valor a utilizar (%)	Fuente
Superficie anual de tierras forestales que permanecen como tales	-12,50	12,50	12,50	OBP2003. Página 3.33.
Superficie de tierras convertidas en tierras forestales	-12,50	12,50	12,50	
Superficie de tierras convertidas en tierras forestales por regeneración de bosques nativos (ha)	-12,50	12,50	12,50	
Superficie de tierras convertidas en tierras forestales por plantación forestal (ha)	-12,50	12,50	12,50	
Relación biomasa subterránea/ biomasa aérea (t raíz m.s. / t m.s.) para Bosque tropical húmedo	-16%	16%	16,36	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol. 4. Cap.4. Pág. 4.18. Cuadro 4.4.

Incertidumbre de los datos de actividad				
Parámetro	Límite inferior (%)	Límite superior (%)	Valor a utilizar (%)	Fuente
Relación biomasa subterránea/ biomasa aérea (t raíz m.s. / t m.s.) para Bosque tropical seco Natural con Biomasa aérea ton ha <sup>-1</sup> < 125	-50%	21%	35,71	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4. Cap.4. Pág. 4.58. Cuadro 4.4.
Relación biomasa subterránea/ biomasa aérea (t raíz m.s. / t m.s.) para Sistemas montañosos tropicales Natural con Biomasa aérea ton ha <sup>-1</sup> < 125	±90		90	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.4. Cuadro 4.4. Pág. 4.18
Relación biomasa subterránea/ biomasa aérea (t raíz m.s. / t m.s.) para Sistemas montañosos tropicales Plantado	0%	4%	1,85	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4. Cap.4. Pág. 4.58. Cuadro 4.4
Crecimiento medio anual de la biomasa aérea en bosques naturales (t m.s./ha/año)	-200	200	200,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.4. Pág. 4.34. Cuadro 4.9.
Crecimiento medio anual de la biomasa aérea en bosques naturales secundarios (t m.s./ha/año) en Bosque Tropical Seco	-62	62	61,54	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.4. Pág. 4.34 y Pág. 4.35.
Crecimiento medio anual de la biomasa aérea en bosques naturales secundarios (t m.s./ha/año) en Sistemas Montañosos Tropicales	-36	36	36,36	
Crecimiento medio anual de la biomasa aérea en plantaciones forestales (t m.s./ha/año) para Bosque tropical seco	-70	20	45,00	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.4. Cuadro 4.10. Pág. 4.68.
Crecimiento medio anual de la biomasa aérea en plantaciones forestales (t m.s./ha/año) para Sistemas Montañosos Tropicales	-20	80	50,00	
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (t C /t m.s.)	-6	4	5,32	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.4. Pág. 4.57. Cuadro 4.3.
Factor de conversión y expansión de biomasa (BCEF)	-33	20	26,61	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.4. Pág. 4.52. Cuadro 4.5.
Existencias de carbono en madera muerta / hojarasca (t C/ha) en Bosque tropical seco. Hojarasca (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	-13	13	12,50	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.2. Cuadro 2.2. Pág. 2.28.
Existencias de carbono en madera muerta / hojarasca (t C/ha) en Bosque tropical seco. Madera Muerta (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	-86	92	88,89	
Existencias de carbono en madera muerta / hojarasca (t C/ha) en Bosque Tropical Húmedo. Hojarasca (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	-68	151	109,32	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.2. Cuadro 2.2. Pág. 2.27 y 2.28.
Existencias de carbono en madera muerta / hojarasca (t C/ha) en Bosque Tropical Húmedo.	-85	165	125,00	

Incertidumbre de los datos de actividad				
Parámetro	Límite inferior (%)	Límite superior (%)	Valor a utilizar (%)	Fuente
Madera Muerta (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación				
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> (t C/ha) para suelos AAA de la Amazonía	±7		7,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.2. Cuadro 2.3. Pág. 2.35
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> (t C/ha) para suelos ABA de la Amazonía	±5		5,00	
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> (t C/ha) para suelos de humedal de la Amazonía	±17		17,00	
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> (t C/ha) para suelos arenosos de la Costa	±9		9,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.2. Cuadro 2.3. Pág. 2.35
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> (t C/ha) para suelos AAA de la Costa	±5		5,00	
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> (t C/ha) para suelos AAA de la Sierra	±10		10,00	
Factores de cambio de existencias para diferentes actividades de gestión en tierras de cultivo para Uso de la tierra (F <sub>lu</sub> )	±11		11,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.5. Cuadro 5.5. Pág. 5.27.
Factores de cambio de existencias para diferentes actividades de gestión en tierras de cultivo para Laboreo (F <sub>mg</sub> )	±5		5,00	
Factores de cambio de existencias para diferentes actividades de gestión en tierras de cultivo para Entrada (F <sub>i</sub> )	±14		14,00	
Tasa de acumulación de biomasa (t C/ha/año) "Región climática templado y tropical"	-75	75	75	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.5. Cuadro 5.1. Pág. 5.10
Pérdida de carbono de la biomasa (t C/ha) "Región climática templado y tropical"	-75	75	75	
Superficie de tierras convertidas en tierras de cultivo	-12,5	12,5	12,5	OBP2003. Página 3.33
Superficie de tierras convertidas en Praderas	10	15	12,5	
Superficie anual de tierras convertidas en asentamientos	10	15	12,5	
Superficie anual de tierras convertidas en otras tierras	10	15	12,5	

Fuente: OBP2003, Directrices del IPCC de 2006, Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019

#### 4.3.3. Incertidumbre de las emisiones del sector

El análisis de incertidumbre ha permitido identificar las fuentes que poseen incertidumbres combinadas mayores y menores. El valor resultante con menor incertidumbre se dio para la categoría de Tierras convertidas en otras tierras con un valor de 33.10%, mientras que el mayor valor fue para la categoría Tierras forestales que permanecen como tierras forestales.

Los resultados de la incertidumbre del sector UTCUTS se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Valores de incertidumbre del sector UTCUTS

Código de categorías de fuentes 2006	Categorías de fuentes y sumideros	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{(E^2+F^2)}$
			%	%	%
3	AFOLU				
3.B	Tierras				
3.B.1	Tierras forestales (TF)				
3.B.1.a	TF que permanecen como TF	CO <sub>2</sub>	37,62	202,50	205,96
3.B.1.b	Tierras convertidas en TF	CO <sub>2</sub>	12,50	165,68	166,15
3.B.2	Tierras de cultivo (TC)				
3.B.2.a	TC que permanecen como TC	CO <sub>2</sub>	25,00	75,00	79,06
3.B.2.b	Tierras convertidas en TC	CO <sub>2</sub>	12,50	191,24	191,65
3.B.3	Pastizales (P)				
3.B.3.a	P que permanecen como P	NO			
3.B.3.b	Tierras convertidas en P	CO <sub>2</sub>	12,50	191,24	191,65
3.B.5	Asentamientos (A)				
3.B.5.a	A que permanecen como A	NE			
3.B.5.b	Tierras convertidas en A	CO <sub>2</sub>	12,50	191,24	191,65
3.B.6	Otras Tierras (OT)				
3.B.6.a	OT que permanecen como OT	NE			
3.B.6.b	Tierras convertidas en OT	CO <sub>2</sub>	12,50	30,65	33,10

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. Metodología para garantizar la coherencia de la serie temporal

Para la estimación de las emisiones de GEI del año 2016 y el recálculo del año 2014, se aplicó la misma metodología y fuente de información.

Con respecto a la representación de las tierras, solo ha sido posible aplicar el método 3 de representación de tierras en el bioma Amazonía, y un método 2 en los biomas Costa y Sierra para el año 2016 y en la actualización del año 2014.

En la actualización de los años 2000, 2005, 2010, y 2012, se han construido matrices de 20 años y se ha aplicado el método 3 de representación de tierras para el bioma Amazonía. Para el caso de los biomas de Costa y Sierra, debido a limitaciones en la información, no fue posible construir matrices de 20 años para los periodos 1981-2000, 1986-2005, 1991-2010, y 1993-2012, por lo que su representación de tierras se trabajó con el método 1.

Para el próximo RAGEI (2018), se espera actualizar la serie de años completa aplicando el método 3 de representación de tierra para los biomas Amazonía, Costa y Sierra.

5. RESULTADO SECTORIAL

5.1. Análisis de los resultados

El sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS), abarca las emisiones y remociones de GEI en reservorios de carbono de tierras gestionadas en (3B1) Tierras forestales, (3B2) Tierras de cultivo, (3B3) Pastizales, (3B5) Asentamientos, y (3B6) Otras tierras. No se incluyó la estimación de las emisiones de la subcategoría Humedales (3B4) debido principalmente a la falta de información sobre superficies sujetas a extracción de turba y de superficies anegadas para la estratificación de suelos orgánicos y minerales.

La Tabla 15 presenta los resultados de emisiones por categorías, así como el desagregado de emisiones por gas en sus respectivas unidades.

Tabla 15. Emisiones de GEI del sector UTCUTS en el año 2016

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Dióxido de Carbono [GgCO <sub>2</sub> ]	Metano [GgCH <sub>4</sub> ]	Óxido nítrico [GgN <sub>2</sub> O]	Emisiones de GEI [Gg CO <sub>2</sub> eq]
<b>3.B</b>	<b>Tierras</b>	<b>108,991.29</b>			<b>108,991.29</b>
<b>3.B.1</b>	<b>Tierras forestales (TF)</b>	<b>9,799.32</b>			<b>9,799.32</b>
3.B.1.a	TF que permanecen como TF	10,837.10			10,837.10
3.B.1.b	Tierras convertidas en TF	-1,037.78			-1,037.78
3.B.1.b.i	TC que se convierten en TF	-113.29			-113.29
3.B.1.b.ii	P que se convierten en TF	-818.43			-818.43
3.B.1.b.iii	H que se convierten en TF	-21.55			-21.55
3.B.1.b.iv	A que se convierten en TF	-			-
3.B.1.b.v	OT que se convierten en TF	-84.50			-84.50
<b>3.B.2</b>	<b>Tierras de cultivo (TC)</b>	<b>51,450.82</b>			<b>51,450.82</b>
3.B.2.a	TC que permanecen como TC	-249.62			-249.62
3.B.2.b	Tierras convertidas en TC	51,700.44			51,700.44
3.B.2.b.i	TF que se convierten en TC	49,733.77			49,733.77
3.B.2.b.ii	P que se convierten en TC	2,003.47			2,003.47
3.B.2.b.iii	H que se convierten en TC	-			-
3.B.2.b.iv	A que se convierten en TC	-			-
3.B.2.b.v	OT que se convierten en TC	-36.80			-36.80
<b>3.B.3</b>	<b>Pastizales (P)</b>	<b>41,309.08</b>			<b>41,309.08</b>
3.B.3.a	P que permanecen como P	-			-
3.B.3.b	Tierras convertidas en P	41,309.08			41,309.08
3.B.3.b.i	TF que se convierten en P	43,680.53			43,680.53
3.B.3.b.ii	TC que se convierten en P	-217.58			-217.58
3.B.3.b.iii	H que se convierten en P	-			-
3.B.3.b.iv	A que se convierten en P	-			-
3.B.3.b.v	OT que se convierten en P	-2,153.86			-2,153.86
<b>3.B.4</b>	<b>Humedales (H)</b>	<b>NE</b>			<b>NE</b>
3.B.4.a	H que permanecen como H	NE			NE
3.B.4.b	Tierras convertidas en H	NE			NE

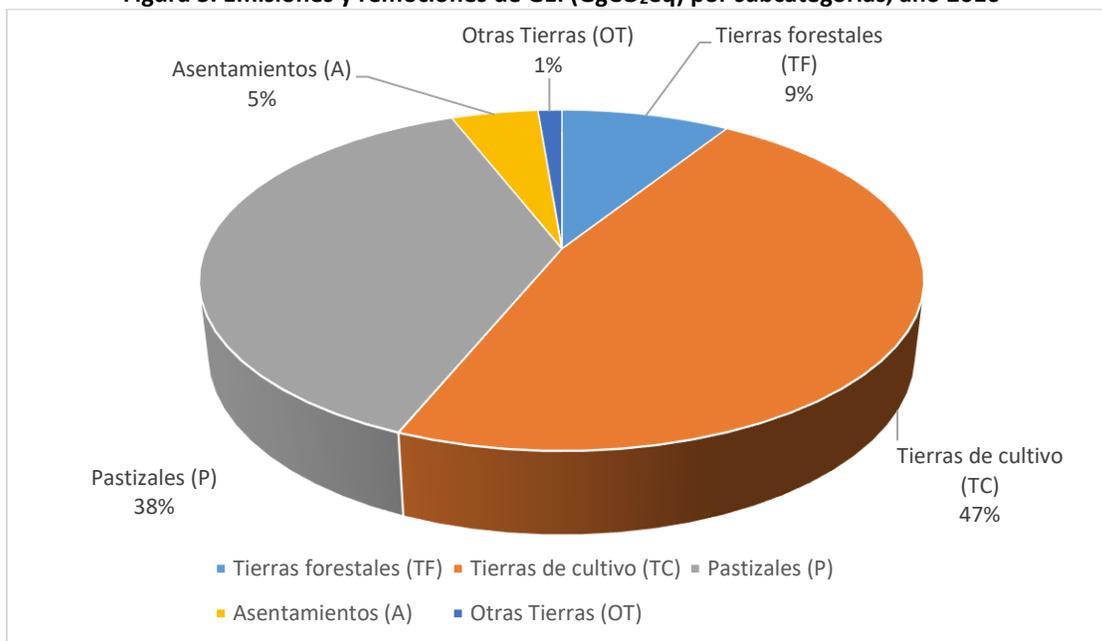
Código	Categorías de fuentes y sumideros	Dióxido de Carbono [GgCO <sub>2</sub> ]	Metano [GgCH <sub>4</sub> ]	Óxido nitroso [GgN <sub>2</sub> O]	Emisiones de GEI [Gg CO <sub>2</sub> eq]
3.B.4.b.i	TF que se convierten en H	NE			NE
3.B.4.b.ii	TC que se convierten en H	NE			NE
3.B.4.b.iii	P que se convierten en H	NE			NE
3.B.4.b.iv	A que se convierten en H	NE			NE
3.B.4.b.v	OT que se convierten en H	NE			NE
<b>3.B.5</b>	<b>Asentamientos (A)</b>	<b>5,038.23</b>			<b>5,038.23</b>
3.B.5.a	A que permanecen como A	NE			NE
3.B.5.b	Tierras convertidas en A	5,038.23			5,038.23
3.B.5.b.i	TF que se convierten en A	4,674.21			4,674.21
3.B.5.b.ii	TC que se convierten en A	54.31			54.31
3.B.5.b.iii	P que se convierten en A	309.71			309.71
3.B.5.b.iv	H que se convierten en A	-			-
3.B.5.b.v	OT que se convierten en A	-			-
<b>3.B.6</b>	<b>Otras Tierras (OT)</b>	<b>1,393.83</b>			<b>1,393.83</b>
3.B.6.a	OT que permanecen como OT	NE			NE
3.B.6.b	Tierras convertidas en OT	1,393.83			1,393.83
3.B.6.b.i	TF que se convierten en OT	502.18			502.18
3.B.6.b.ii	TC que se convierten en OT	16.95			16.95
3.B.6.b.iii	P que se convierten en OT	874.70			874.70
3.B.6.b.iv	H que se convierten en OT	NE			NE
3.B.6.b.v	A que se convierten en OT	NO			NO
<b>3C</b>	<b>Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO<sub>2</sub> en la tierra</b>		<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>
<b>3.C.1</b>	<b>Emisiones por quema de biomasa</b>		<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>
3.C.1.a	Quema de biomasa en Tierras Forestales		NE	NE	NE

Fuente: Elaboración propia

En el año 2016, las emisiones de GEI del sector fueron de 108,991.29 GgCO<sub>2</sub>eq. La principal fuente de emisión fue la subcategoría de tierras de cultivo, con 51,450.82 GgCO<sub>2</sub>eq, que representa el 47.21% del total de emisiones del sector. Asimismo, dentro de las tierras convertidas en tierras de cultivo, la conversión de tierras forestales hacia tierras de cultivo representa el 96.66% de las emisiones de esta subcategoría.

La segunda fuente de emisión más importante es la subcategoría de Pastizales, con 41,309.08 GgCO<sub>2</sub>eq, que en términos absolutos representa el 37.90% del total de emisiones del sector. En tercer orden se encuentra las emisiones de la subcategoría Tierras forestales, con 9,799.32 GgCO<sub>2</sub>eq, que representan el 8.99% de los resultados del sector. Las demás subcategorías en conjunto representan el 5.90% de las emisiones del sector. Los resultados por subcategoría se muestran en la Figura 5.

Figura 5. Emisiones y remociones de GEI (GgCO<sub>2</sub>eq) por subcategorías, año 2016



Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, cada una de las categorías de uso de la tierra está conformada por diferentes subdivisiones, por lo que para cada subcategoría se realizaron las estimaciones de emisiones y remociones de GEI para cada reservorio de carbono.

La Tabla 16, presenta los resultados de emisiones por subcategoría y reservorio. Se observan en ella, las remociones de cada una de las subcategorías analizadas, para cada uno de los reservorios de carbono. Las principales remociones se dan en la subcategoría de Tierras convertidas en tierras forestales, las cuales fueron de -1,037.78 GgCO<sub>2</sub>eq. Estas remociones se explican por el crecimiento anual en biomasa de las plantaciones forestales y de la regeneración del bosque nativo, así como por los cambios en las existencias de carbono en la materia orgánica muerta y la materia orgánica de los suelos minerales (carbono orgánico del suelo) en Tierras que están en conversión a Tierras forestales en el período 1997-2016 (20 años). En segundo lugar, también se reportan remociones netas en la categoría tierras de cultivo que permanecen en tierras de cultivo, con un total de -249.52 GgCO<sub>2</sub>eq. Estas remociones se explican por el crecimiento de la biomasa de los cultivos leñosos perennes dentro de las tierras de cultivo.

Tabla 16. Resumen de las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> del sector, por reservorio de carbono, año 2016

Código	Categorías de fuentes y sumideros	Dato de actividad		Cambio neto del stock de carbono y emisiones de CO <sub>2</sub>								Emisiones netas de CO <sub>2</sub>
		Área total	Área de suelos orgánicos	Biomasa				Materia orgánica muerta		Suelos		
				Incremento	Disminución	Carbono emitido como CH <sub>4</sub> y CO de incendios	Cambio neto del stock de carbono	Carbono emitido como CH <sub>4</sub> y CO de incendios	Cambio neto del stock de carbono	Variación neta del stock de carbono en suelos minerales	Pérdida de carbono de suelos orgánicos drenados	
(ha)		(Gg C)								(GgCO <sub>2</sub> )		
3.B	<b>Tierras</b>	<b>129,426,589.44</b>		<b>665.53</b>	<b>3,307.73</b>		<b>27,169.62</b>		<b>2,260.49</b>	<b>294.79</b>		<b>108,991.29</b>
3.B.1	<b>Tierras forestales (TF)</b>	<b>72,842,628.06</b>		<b>597.46</b>	<b>3,307.73</b>		<b>2,710.27</b>		<b>- 32.37</b>	<b>- 5.36</b>		<b>9,799.32</b>
3.B.1.a	TF que permanecen como TF	72,769,135.64		352.15	3,307.73		2,955.57		NO	NO		10,837.10
3.B.1.b	Tierras convertidas en TF	73,492.43		245.30	-		245.30		- 32.37	- 5.36		- 1,037.78
3.B.1.b.i	TC que se convierten en TF	9,613.08		25.88	NE		25.88		- 3.61	- 1.41		- 113.29
3.B.1.b.ii	P que se convierten en TF	57,540.96		197.45	NE		197.45		- 25.76	-		- 818.43
3.B.1.b.iii	H que se convierten en TF	1,992.42		5.33	NE		5.33		- 0.55	-		- 21.55
3.B.1.b.iv	A que se convierten en TF	-		NO	NO		NO		NO	NO		NO
3.B.1.b.v	OT que se convierten en TF	4,345.97		16.64	NE		16.64		- 2.45	- 3.95		- 84.50
3.B.2	<b>Tierras de cultivo (TC)</b>	<b>7,194,983.94</b>		<b>68.08</b>			<b>12,347.52</b>		<b>1,151.44</b>	<b>533.09</b>		<b>51,450.82</b>
3.B.2.a	TC que permanecen como TC	5,711,464.96		68.08			68.08		NO	-		- 249.62
3.B.2.b	Tierras convertidas en TC	1,483,518.98					12,415.60		1,151.44	533.09		51,700.44
3.B.2.b.i	TF que se convierten en TC	834,552.78					12,108.30		1,151.44	304.02		49,733.77
3.B.2.b.ii	P que se convierten en TC	639,229.73					307.30		-	239.10		2,003.47
3.B.2.b.iii	H que se convierten en TC	3,967.42					-		-	-		-
3.B.2.b.iv	A que se convierten en TC	434.52					-		-	-		-
3.B.2.b.v	OT que se convierten en TC	5,334.53					-		-	10.04		- 36.80
3.B.3	<b>Pastizales (P)</b>	<b>37,446,301.17</b>					<b>11,006.46</b>		<b>1,042.42</b>	<b>- 782.77</b>		<b>41,309.08</b>
3.B.3.a	P que permanecen como P	35,274,866.55					NO		-	NE		-
3.B.3.b	Tierras convertidas en P	2,171,434.62					11,006.46		1,042.42	- 782.77		41,309.08
3.B.3.b.i	TF que se convierten en P	1,298,566.49					10,870.45		1,042.42	-		43,680.53
3.B.3.b.ii	TC que se convierten en P	531,384.95					136.02		-	- 195.36		- 217.58
3.B.3.b.iii	H que se convierten en P	17,128.19					-		-	-		-
3.B.3.b.iv	A que se convierten en P	3,607.38					-		-	-		-
3.B.3.b.v	OT que se convierten en P	320,747.62					-		-	587.42		- 2,153.86
3.B.4	<b>Humedales (H)</b>	<b>3,196,078.92</b>										

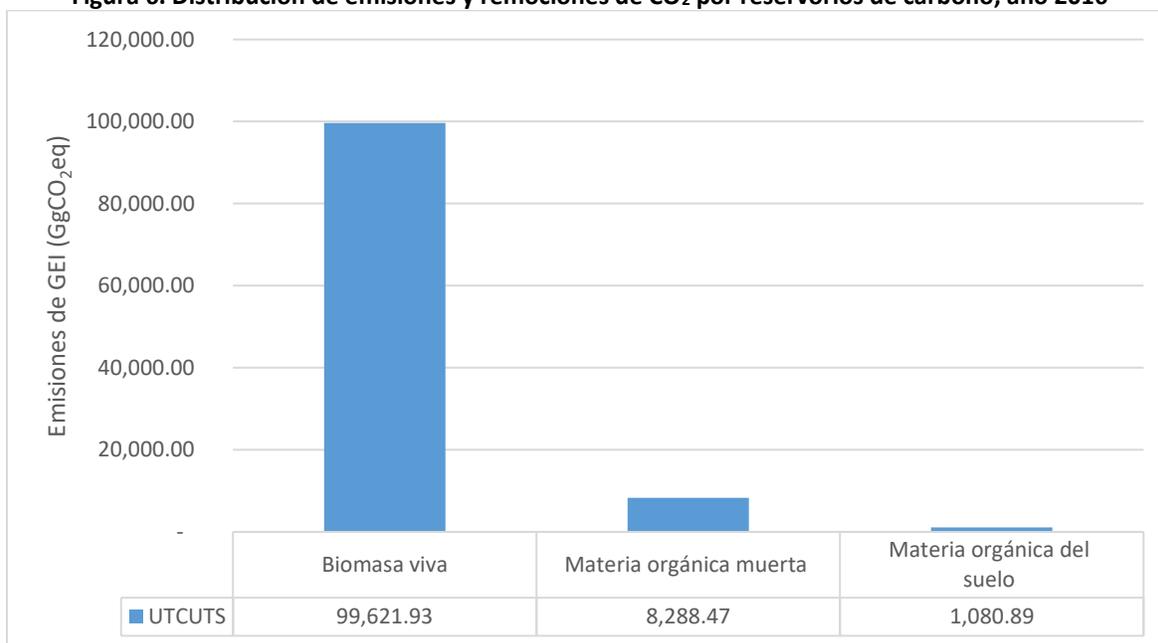
Código	Categorías de fuentes y sumideros	Dato de actividad		Cambio neto del stock de carbono y emisiones de CO <sub>2</sub>								Emisiones netas de CO <sub>2</sub>	
		Área total	Área de suelos orgánicos	Biomasa				Materia orgánica muerta		Suelos			
				Incremento	Disminución	Carbono emitido como CH <sub>4</sub> y CO de incendios	Cambio neto del stock de carbono	Carbono emitido como CH <sub>4</sub> y CO de incendios	Cambio neto del stock de carbono	Variación neta del stock de carbono en suelos minerales	Pérdida de carbono de suelos orgánicos drenados		
													(Gg C)
(ha)		(Gg C)										(GgCO <sub>2</sub> )	
3.B.4.a	H que permanecen como H	3,091,133.34											
3.B.4.b	Tierras convertidas en H	104,945.58											
3.B.4.b.i	TF que se convierten en H	12,253.06											
3.B.4.b.ii	TC que se convierten en H	8,682.13											
3.B.4.b.iii	P que se convierten en H	80,841.36											
3.B.4.b.iv	A que se convierten en H	682.38											
3.B.4.b.v	OT que se convierten en H	2,486.66											
3.B.5	<b>Asentamientos (A)</b>	<b>290,386.53</b>					<b>1,049.78</b>		<b>99.00</b>	<b>225.28</b>			<b>5,038.23</b>
3.B.5.a	A que permanecen como A	168,920.42					NO			NO			NE
3.B.5.b	Tierras convertidas en A	121,466.12					1,049.78		99.00	225.28			5,038.23
3.B.5.b.i	TF que se convierten en A	62,443.07					1,033.43		99.00	142.35			4,674.21
3.B.5.b.ii	TC que se convierten en A	7,172.72					1.31		-	13.50			54.31
3.B.5.b.iii	P que se convierten en A	39,017.13					15.04		-	69.43			309.71
3.B.5.b.iv	H que se convierten en A	282.38					-		-	-			-
3.B.5.b.v	OT que se convierten en A	12,550.82					-		-	-			-
3.B.6	<b>Otras Tierras (OT)</b>	<b>8,456,210.82</b>					<b>55.59</b>		<b>-</b>	<b>324.55</b>			<b>1,393.83</b>
3.B.6.a	OT que permanecen como OT	8,183,275.47											
3.B.6.b	Tierras convertidas en OT	272,935.35					55.59		-	324.55			1,393.83
3.B.6.b.i	TF que se convierten en OT	88,604.18					46.51		NO	90.45			502.18
3.B.6.b.ii	TC que se convierten en OT	2,855.30					0.09		NO	4.54			16.95
3.B.6.b.iii	P que se convierten en OT	180,959.75					8.99		NO	229.57			874.70
3.B.6.b.iv	H que se convierten en OT	516.11					NO		NO	NE			NE
3.B.6.b.v	A que se convierten en OT	-					NO		NO	NO			NO

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que, a diferencia de reportes anteriores, el RAGEI 2016 incluye las estimaciones de las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> de los reservorios de carbono: biomasa viva (biomasa aérea y subterránea), materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca), y materia orgánica del suelo, para todas las categorías de uso de la tierra analizadas. Esto se ha conseguido gracias a la construcción de matrices de uso y cambio de uso de la tierra para periodos de 20 años (período por defecto para determinar el cambio de stock de carbono orgánico del suelo).

En la Figura 6 se puede observar cómo se encuentran distribuidas las emisiones y remociones del año 2016 entre los reservorios de carbono, donde 99,621.93 GgCO<sub>2</sub>, que concierne al 91.40% de las emisiones del sector, corresponden a los cambios en las existencias de carbono en la biomasa viva; 8,288.47 GgCO<sub>2</sub>, es decir el 7.60% corresponde a los cambios en las existencias de carbono en la materia orgánica muerta, y 1,080.89 GgCO<sub>2</sub>, es decir el 0.99% corresponde a los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales (materia orgánica del suelo).

**Figura 6. Distribución de emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> por reservorios de carbono, año 2016**



Fuente: Elaboración propia

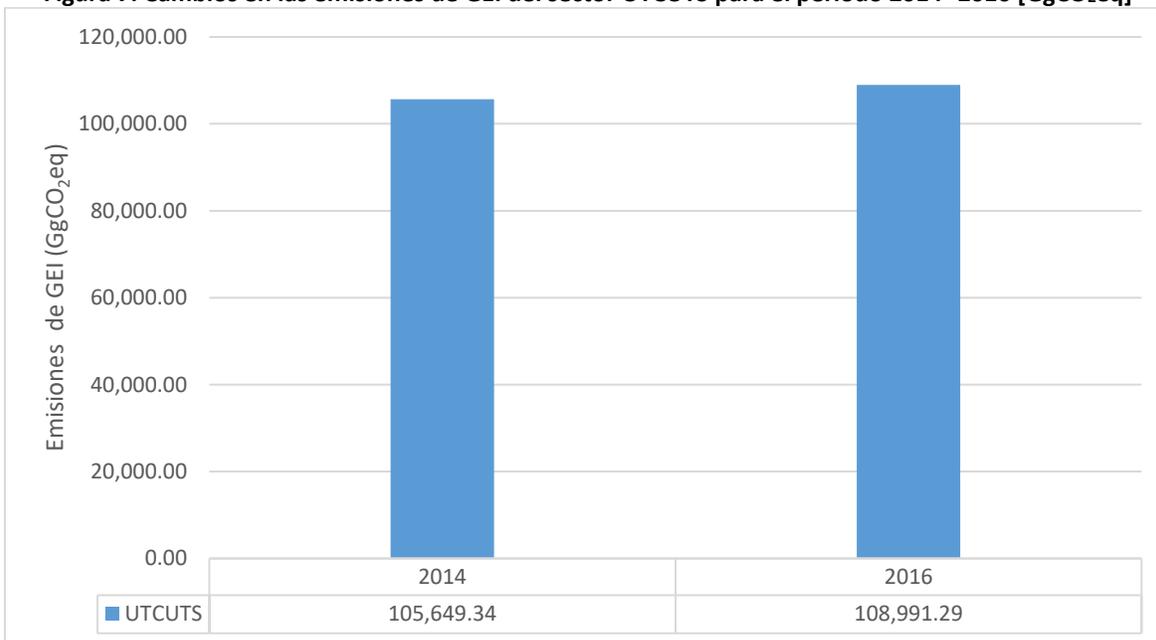
## 5.2. Actualización de la serie temporal sectorial

Respecto a la evolución de las emisiones, cabe mencionar que para el año 2016 y la actualización del año 2014, se aplicó el método 3 de representación de tierras en el bioma Amazonía, y el método 2 en los biomas Costa y Sierra. Para la actualización de los años 2000, 2005, 2010, y 2012 se aplicó el método 3 de representación de tierras para el bioma Amazonía, sin embargo, debido a limitaciones en la información, para los biomas Costa y Sierra se aplicó el método 1.

Por lo tanto, dado que se realizó una combinación de métodos de representación de tierras diferenciado para los periodos 2014-2016 y 2000-2012, los resultados de las emisiones son presentados en los periodos referidos. Este criterio es aplicado también en la presentación de los resultados de las subcategorías del sector.

En la Figura 7 se aprecia que las emisiones en el año 2016 incrementaron de 105,649.34 GgCO<sub>2</sub>eq a 108,991.29 GgCO<sub>2</sub>eq, lo que representa un incremento de 3.16%, respecto al año 2014.

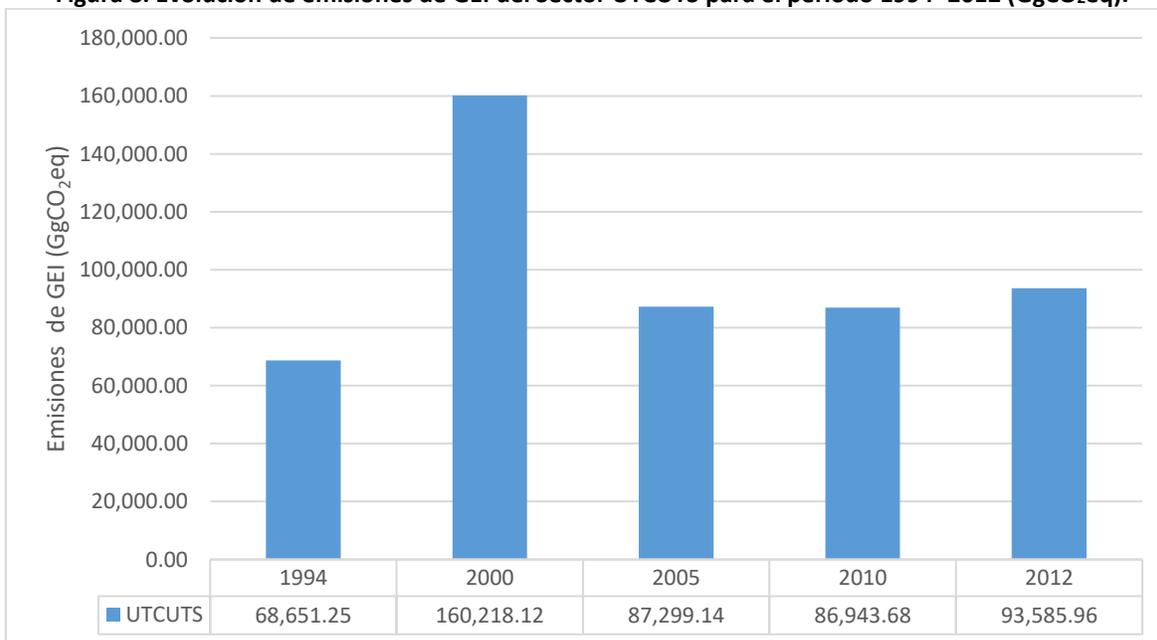
**Figura 7. Cambios en las emisiones de GEI del sector UTCUTS para el periodo 2014- 2016 [GgCO<sub>2</sub>eq]**



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la Figura 8, presenta los resultados de las emisiones del sector UTCUTS de los años 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994, siendo el 2000 (160,218.12 GgCO<sub>2</sub>eq) el año con las emisiones más altas dentro del periodo analizado.

**Figura 8. Evolución de emisiones de GEI del Sector UTCUTS para el periodo 1994- 2012 (GgCO<sub>2</sub>eq).**



Fuente: Elaboración propia

La Figura 9 presenta el cambio entre los años 2014 y 2016, donde se observa que hay un incremento entre las emisiones de 2016 con respecto al año 2014. Asimismo, se observa que la participación de las subcategorías tierras de cultivo y pastizales, son las más importantes en términos de emisiones de GEI.

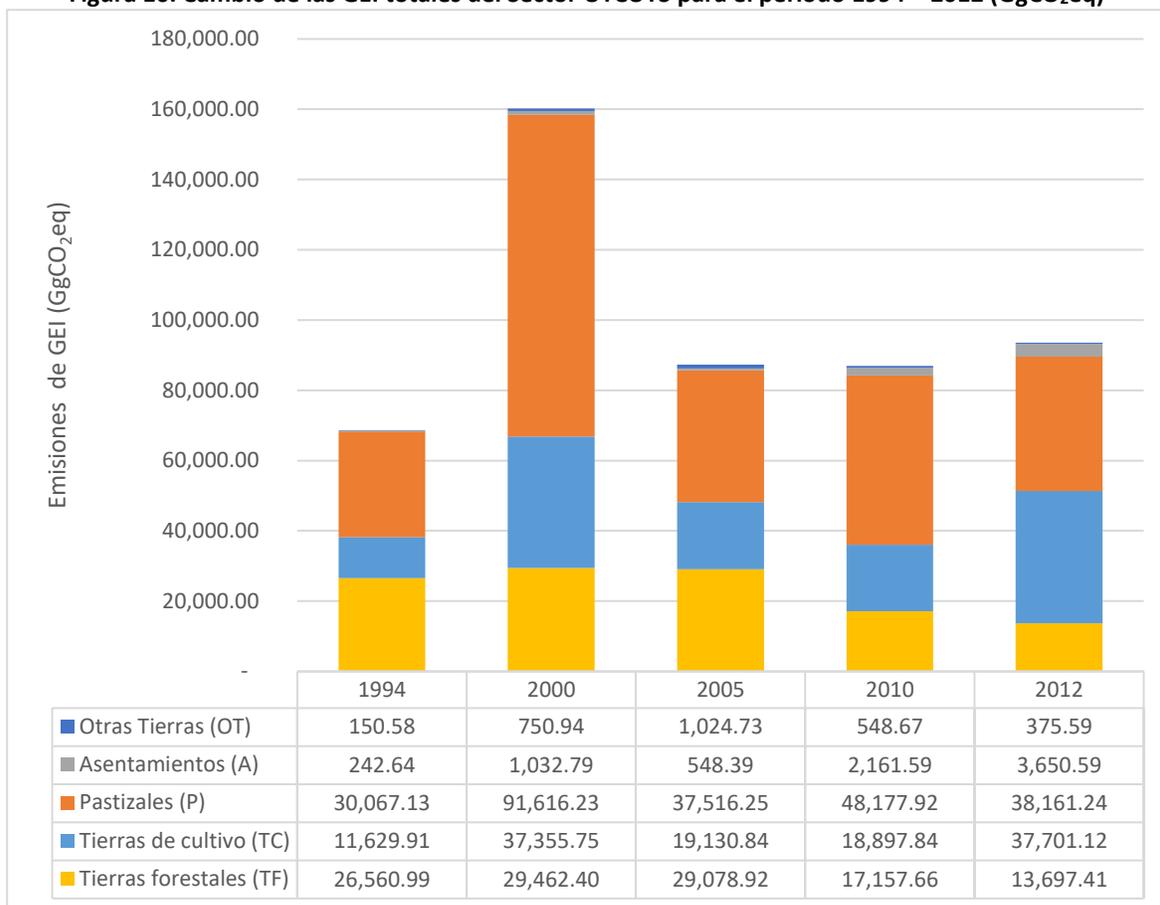
**Figura 9. Cambios en las emisiones de GEI del Sector UTCUTS para el período 2014 – 2016 (GgCO<sub>2</sub>eq)**



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la Figura 10 presenta la evolución de las emisiones de GEI entre los años 1994 y 2012. De manera similar, las subcategorías tierras de cultivo y pastizales, son las más importantes en términos de emisiones de GEI. Como ya se mencionó, el año 2000 presenta un valor muy por encima del resto de los años de la serie temporal. Asimismo, se observa que la principal fuente de emisión ese año fue la subcategoría Pastizales.

Figura 10. Cambio de las GEI totales del Sector UTCUTS para el período 1994 – 2012 (GgCO<sub>2</sub>eq)



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la actualización de la serie temporal de emisiones de GEI del año 2016 al año 1994. La Tabla 17 presenta que las emisiones de GEI del sector UTCUTS presentan una variación porcentual positiva en los años 2012 y 2014. En el año 2014, se aprecia que las emisiones de la subcategoría Tierras forestales presentan un valor más bajo con respecto al valor original, con una variación de -17.93%, mientras que las subcategorías Tierras de cultivo, Pastizales, Asentamientos, y Otras tierras, presentan variaciones positivas de 22.14%, 156.13%, 28.55%, y 811.94%, respectivamente. Por otro lado, en el año 2012, se aprecia que las emisiones de las subcategorías Tierras forestales, Pastizales y Otras tierras presentan valores más altos que los originales, con variaciones positivas de 1,612.17%, 130.02%, y 1,277.91%, respectivamente, mientras que las Tierras de cultivo y Asentamientos presentan valores menores a los originales, con variaciones de -20.12%, y 6.29% respectivamente.

Estas variaciones se pueden atribuir a la aplicación de las Directrices del IPCC de 2006 en la actualización de las estimaciones, y a que se ha realizado una representación coherente de la tierra a nivel nacional, que incluyó a los biomas Amazonía, Costa y Sierra, como parte de las mejoras aplicadas en las estimaciones actuales con respecto a los valores originales.

La Figura 11, presenta la tendencia de la serie original y la actualizada. Se puede observar que, en la serie actualizada, la subcategoría pastizales tiene mayor relevancia en las emisiones del sector.

**Tabla 17. Serie temporal de emisiones originales y actualizadas**

Categoría	1994	2000		2005		2010		2012		2014		2016					
	Emisiones GEI [GgCO <sub>2</sub> eq]	Emisiones GEI [GgCO <sub>2</sub> eq]		Δ [%]	Emisiones GEI [GgCO <sub>2</sub> eq]		Δ [%]	Emisiones GEI [GgCO <sub>2</sub> eq]		Δ [%]	Emisiones GEI [GgCO <sub>2</sub> eq]		Emisiones GEI [GgCO <sub>2</sub> eq]				
		A	O		A	O		A	O		A	O		A			
TF	26.560,99	-	29.462,40	-	-	29.078,92	-	-	17.157,66	-	800,00	13.697,41	1.612,17	13.621,05	11.178,46	-17,93	9.799,32
<b>TF-TF</b>	26.560,99	-	29.462,40	-	-	29.078,92	-	-	17.157,66	-	25.735,30	13.697,41	-46,78	38.776,43	12.136,94	-68,70	10.837,10
T-TF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-24.293,32	-	-	-24.580,16	-958,48	-96,10	-1.037,78
TC-TF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-117,58	-	-	-170,42	-90,10	-47,13	-113,29
P-TF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-523,31	-	-	-397,32	-758,31	90,86	-818,43
H-TF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,07	-	-	-0,01	-18,58	304.183,13	-21,55
A-TF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,03	-	-	-5,68	-	-	-
OT-TF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,99	-	-	-1,79	-91,49	5.013,37	-84,50
TC	11.629,91	-	37.355,75	-	-	19.130,84	-	-	18.897,84	-	47.195,62	37.701,12	-20,12	44.460,27	54.301,89	22,14	51.450,82
<b>TC-TC</b>	-	-	-	-	-	-110,07	-	-	-492,76	-	-599,16	-686,72	14,61	-48,55	-271,40	459,01	-249,62
T-TC	11.629,91	-	37.355,75	-	-	19.240,91	-	-	19.390,61	-	-	38.387,84	-	-	54.573,29	-	51.700,44
TF-TC	11.177,98	-	35.940,42	-	-	18.532,44	-	-	17.904,79	-	47.012,53	36.692,38	-21,95	43.778,31	52.559,64	20,06	49.733,77
P-TC	453,23	-	1.417,17	-	-	710,43	-	-	1.488,12	-	782,14	1.697,25	117,00	726,31	2.045,00	181,56	2.003,47
H-TC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	4,12	-	-	-
A-TC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	-	-	-1,56	-	-	-
OT-TC	-1,30	-	-1,84	-	-	-1,96	-	-	-2,30	-	0,00	-1,79	-	1,65	-31,35	-2.005,26	-36,80
P	30.067,13	-	91.616,23	-	-	37.516,25	-	-	48.177,92	-	16.590,56	38.161,24	130,02	13.083,40	33.511,05	156,13	41.309,08
<b>P-P</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-P	30.067,13	-	91.616,23	-	-	37.516,25	-	-	48.177,92	-	-	38.161,24	-	-	33.511,05	-	41.309,08
TF-P	30.163,99	-	91.187,71	-	-	37.543,84	-	-	48.164,79	-	17.482,25	38.213,28	-	13.228,64	36.028,22	172,35	43.680,53
TC-P	-92,28	-	435,75	-	-	-19,68	-	-	38,03	-	-137,93	-23,36	-	-128,84	-176,26	36,80	-217,58
H-P	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,03	-	-	0,00	-	-	-
A-P	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-747,06	-	-	-12,10	-	-	-
OT-P	-4,57	-	-7,23	-	-	-7,90	-	-	-24,90	-	-6,66	-28,68	-	-4,30	-2.340,91	54.366,39	-2.153,86
H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>H-H</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TF-H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TC-H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P-H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A-H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OT-H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>A</b>	242,64	-	1.032,79	-	-	548,39	-	-	2.161,59	-	3.895,47	3.650,59	-6,29	4.016,91	5.163,79	28,55	5.038,23

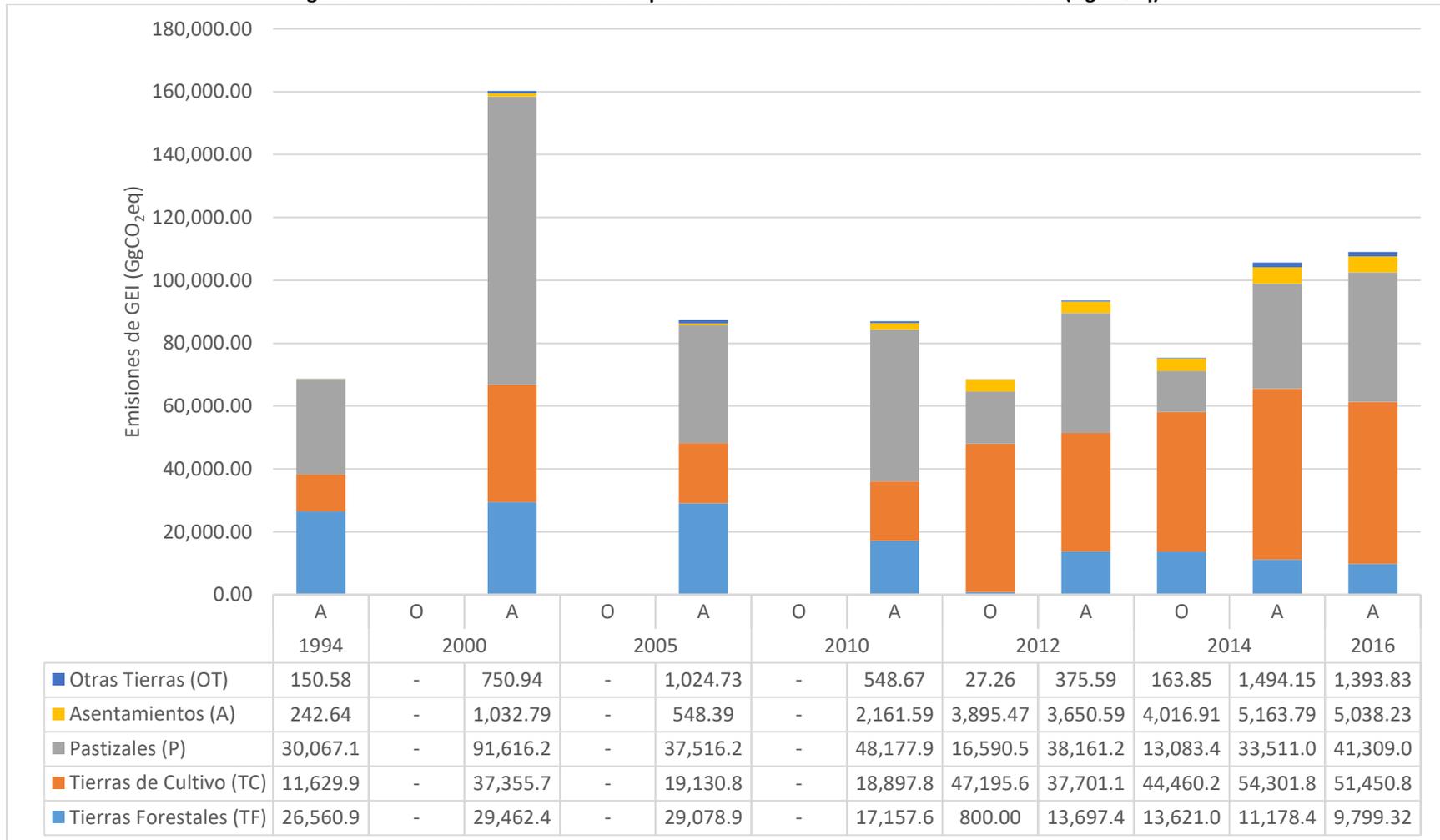
Categoría	1994	2000			2005			2010			2012			2014			2016
	Emisiones GEI [GgCO <sub>2</sub> eq]	Emisiones GEI [GgCO <sub>2</sub> eq]		Δ [%]	Emisiones GEI [GgCO <sub>2</sub> eq]		Δ [%]	Emisiones GEI [GgCO <sub>2</sub> eq]		Δ [%]	Emisiones GEI [GgCO <sub>2</sub> eq]		Δ [%]	Emisiones GEI [GgCO <sub>2</sub> eq]		Emisiones GEI [GgCO <sub>2</sub> eq]	
		A	O		A	O		A	O		A	O		A	O		A
A-A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
T-A	242,64	-	1.032,79	-	-	548,39	-	-	2.161,59	-	-	3.650,59	-	-	5.163,79	5.038,23	
TF-A	220,17	-	963,55	-	-	487,99	-	-	2.013,24	-	3.849,99	3.473,75	-9,77	3.981,72	4.773,98	19,90	
TC-A	4,40	-	20,59	-	-	15,12	-	-	31,85	-	4,40	36,23	723,81	1,95	65,54	3.266,35	
P-A	18,07	-	48,65	-	-	45,27	-	-	116,50	-	41,09	140,61	242,23	33,25	324,27	875,30	
H-A	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
O-TA	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
OT	150,58	-	750,94	-	-	1.024,73	-	-	548,67	-	27,26	375,59	1.277,91	163,84	1.494,15	811,94	
OT-OT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
T-OT	150,58	-	750,94	-	-	1.024,73	-	-	548,67	-	-	375,59	-	-	1.494,15	1.393,83	
TF-OT	148,45	-	516,71	-	-	695,40	-	-	455,99	-	27,04	289,15	969,32	157,38	468,46	197,67	
TC-OT	0,95	-	4,83	-	-	10,04	-	-	6,56	-	-	5,78	-	-	17,46	16,95	
P-OT	1,17	-	229,40	-	-	319,29	-	-	86,13	-	0,22	80,66	37.025,77	6,47	1.008,23	15.487,15	
H-OT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A-OT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>TOTAL Tierras</b>	<b>68.651,25</b>		<b>160.218,12</b>			<b>87.299,14</b>			<b>86.943,68</b>		<b>68.508,91</b>	<b>93.585,96</b>	<b>36,60%</b>	<b>75.345,47</b>	<b>105.649,34</b>	<b>40,22%</b>	<b>108.991,29</b>

Leyenda: O - Original, A - Actual, Δ - Variación de la estimación actual con respecto a la estimación original  
 TF= Tierras forestales, TC = Tierras de cultivo, P = Pastizales, H = Humedales, A = Asentamientos, = OT = Otras tierras

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

Fuente: Elaboración propia

**Figura 11. Actualización de la serie temporal de emisiones de GEI del sector UTCUTS (GgCO<sub>2</sub>eq)**



NOTA: O - Original, A - Actual  
Fuente: Elaboración propia

## 6. RESULTADOS POR SUBCATEGORÍA

### 6.1. Tierras Forestales (3B1)

Esta subcategoría comprende la estimación de las emisiones y remociones de GEI debido a cambios en la biomasa viva, en la materia orgánica muerta y en el carbono orgánico del suelo en las tierras forestales que permanecen como tierras forestales y las tierras convertidas en tierras forestales. Incluye los cambios en las existencias de carbono en bosques gestionados, debidos a las actividades humanas, tales como el establecimiento de plantaciones forestales, la tala comercial, la recogida de madera para su uso como combustible y otras prácticas de gestión.

Para el presente RAGEI, las tierras forestales, así como las tierras en otros usos, se han estratificado de acuerdo al tipo de bioma: Amazonía, Costa y Sierra.

#### 6.1.1. Tierras forestales que permanecen como tierras forestales (3B1a)

Las emisiones de GEI en las Tierras forestales que permanecen como tierras forestales comprenden la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo).

##### 6.1.1.1. Método de cálculo

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub>, basadas en los cambios en las existencias de carbono en cada una de las categorías de uso de la tierra se calculan según la Ecuación 2.3 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.3. Cambios en las existencias anuales de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra como la suma de los cambios de todos los depósitos**

$$\Delta C_{LU_i} = \Delta C_{AB} + \Delta C_{BB} + \Delta C_{DW} + \Delta C_{LI} + \Delta C_{SO} + \Delta C_{HWP}$$

Donde:

$\Delta C_{Lui}$  = cambios en las existencias de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra

Los subíndices se refieren a los siguientes depósitos de carbono:

AB = Biomasa aérea

BB = Biomasa subterránea

DW = Madera muerta

LI = Hojarasca

SO = Suelos

PMR = Productos de madera recolectada

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 2. Pág. 2.7. Ecuación 2.3.

A continuación, se describen los cambios en las existencias anuales en los depósitos correspondientes para la categoría analizada.

## **A. Biomasa**

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

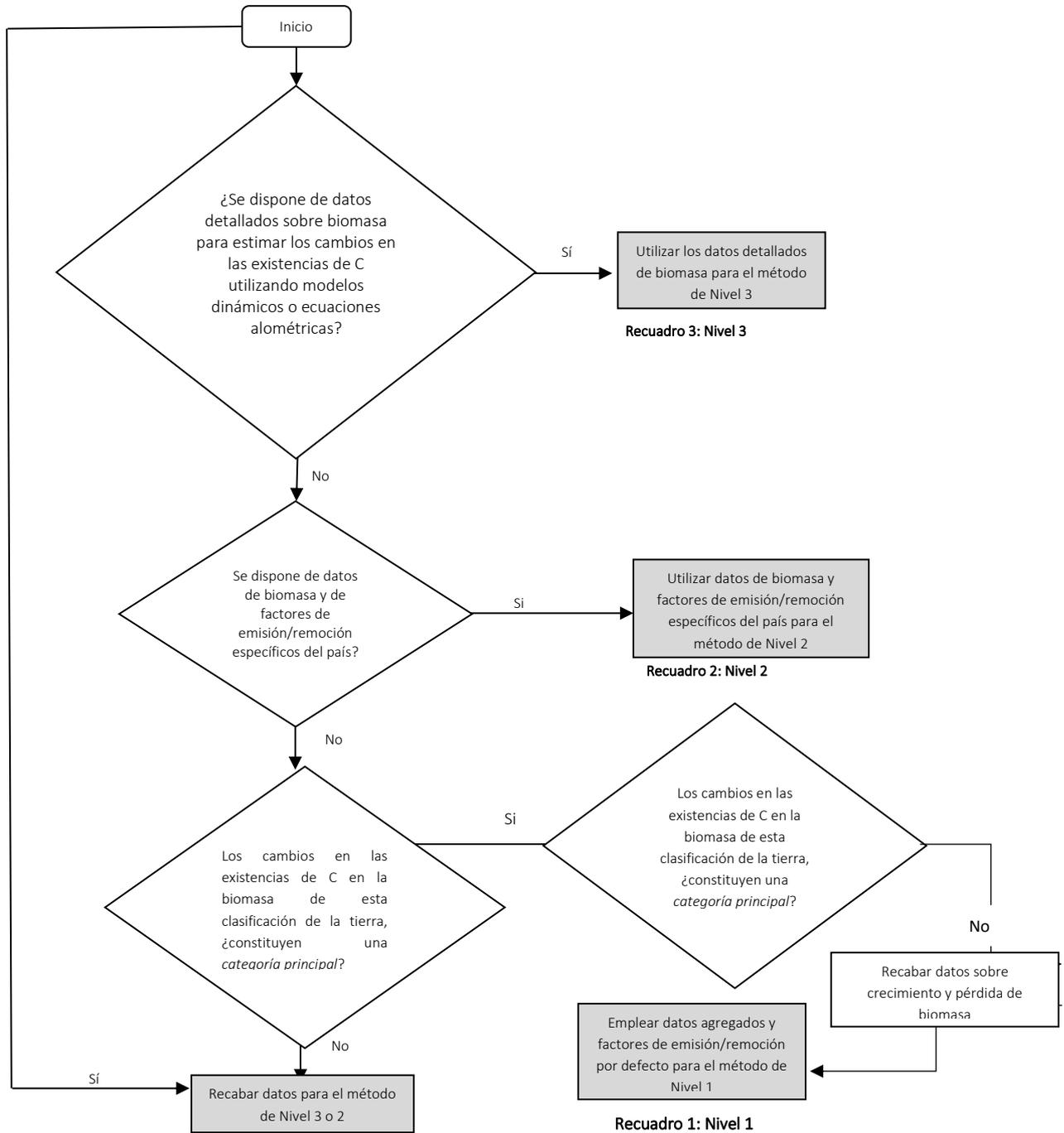
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos de biomasa y factores de emisión y/o remoción específicos del país.

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de biomasa.

La Figura 12 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 12. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en las tierras forestales que permanecen como tierras forestales**



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

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

- No se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones por cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras forestales que permanecen como tierras forestales, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1.

La estimación del cambio en las existencias de carbono en la biomasa se realiza aplicando el “método de pérdidas y ganancias”, el cual consiste en restar las pérdidas de los incrementos de carbono de la biomasa viva durante el año de notificación utilizando la Ecuación 2.7 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.7. Cambio anual de las existencias de carbono en biomasa (Método de pérdidas y ganancias)**

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

Donde:

$\Delta C_B$  = Cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa, t C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_G$  = Aumento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa, t C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_L$  = Reducción anual de las existencias de carbono debido a la pérdida de biomasa, t C año<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4, Capítulo 2. Ecuación 2.7. Pág. 2.12

La ecuación utilizada para estimar el incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa viva es la Ecuación 2.9 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.9. Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra**

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

Donde:

$\Delta C_G$  = incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido al crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática, ton C año<sup>-1</sup>

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, ha

$G_{TOTAL}$  = crecimiento medio anual de la biomasa, t m.s. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

I = zona ecológica i (i = 1 a n)

J = dominio climático j (j = 1 a m)

CF = fracción de carbono de materia seca, t C (t m.s.)<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4. Capítulo 2. Ecuación 2.9. Pág. 2.16.

El incremento anual promedio de la biomasa total, que incluye la biomasa subterránea se calcula aplicando la Ecuación 2.10 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.10. Incrementos anuales promedio de la biomasa**

$$G_{TOTAL} = \sum \{G_w \times (1 + R)\}$$

Donde:

- $G_{TOTAL}$  = crecimiento medio anual de la biomasa, t m.s. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>
- $G_w$  = promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa, t m.s. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>
- $R$  = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación en t m.s de biomasa subterránea (ton m.s de biomasa aérea)<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen. Ecuación 2.10. Pág. 2.16.

La pérdida de biomasa anual es la suma de las pérdidas resultantes de extracción de madera, recolección de leña y de otras pérdidas. En el presente RAGEI no se incluye las pérdidas de biomasa debido a perturbaciones debido a que no se cuenta con un dato nacional de calidad. La reducción anual de las existencias de carbono en biomasa se calcula aplicando la Ecuación 2.11 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.11. Reducción anual de las existencias de carbono en biomasa (método de diferencia de existencias)**

$$\Delta C_L = L_{remoción-bosques} + L_{rmadera-combustible} + L_{perturbación}$$

Donde:

- $\Delta C_L$  = reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra, t C año<sup>-1</sup>
- $L_{remoción-bosques}$  = pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, t C año<sup>-1</sup>
- $L_{madera-combustible}$  = pérdida anual de carbono en la biomasa debida a remoción de madera combustible, t C año<sup>-1</sup>
- $L_{perturbación}$  = pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones, t C año<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4. Ecuación 2.11. Pág. 2.17

La estimación de la pérdida anual de carbono debida a talas comerciales se realiza aplicando la Ecuación 2.12 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.12. Pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de bosques**

$$L_{remoción-bosques} = \{H \times BCRF_R \times (1 + R) \times CF\}$$

Donde:

- $L_{remoción-bosques}$  = pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, ton C año<sup>-1</sup>
- $H$  = remociones anuales de bosques, rollizos, m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>
- $R$  = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación en t m.s de biomasa subterránea (t m.s de biomasa aérea)<sup>-1</sup>
- $CF$  = fracción de carbono de materia seca, t C (t m.s.)<sup>-1</sup>
- $BCEF_s$  = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones de madera remociones comercial en volumen a remociones totales de biomasa (incluida la corteza), toneladas de remoción de biomasa (m<sup>3</sup> de madera removida)<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4. Pág. 2.18. Ecuación 2.12

La estimación de la pérdida anual de carbono debida a recojo de leña o madera para combustible se realiza aplicando la Ecuación 2.13 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.13. Pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de madera combustible**

$$L_{madera-combustible} = \left[ \{FG_{árboles} \times BCRF_R \times (1 + R)\} + FG_{parte} \times D \right] \times CF$$

Donde:

- $L_{madera-combustible}$  = pérdida anual de carbono debida a la remoción de madera combustible, t C año<sup>-1</sup>
- $FG_{árboles}$  = volumen anual de remoción de madera combustible de árboles enteros, m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>
- $FG_{parte}$  = volumen anual de remoción de madera combustible como parte de árboles, m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>
- $R$  = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación en t m.s de biomasa subterránea (t m.s de biomasa aérea)<sup>-1</sup>
- $CF$  = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton m.s.)<sup>-1</sup>
- $D$  = densidad básica de la madera, t m.s m<sup>-3</sup>
- $BCEF_s$  = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones de madera remociones comercial en volumen a remociones totales de biomasa (incluida la corteza), toneladas de remoción de biomasa (m<sup>3</sup> de madera removida)<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.18, Ecuación 2.13

La estimación de la pérdida anual de carbono debida a perturbaciones naturales como incendios, plagas u otros, se realiza aplicando la Ecuación 2.14 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.14. Pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones**

$$L_{perturbación} = \{A_{perturbación} \times B_w \times (1 + R) \times CF \times fd\}$$

Donde:

- $L_{perturbación}$  = otras pérdidas anuales de carbono, t C año<sup>-1</sup>
- $A_{perturbación}$  = superficie afectada por perturbaciones, ha año<sup>-1</sup>
- $B_w$  = biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones, t m.s. ha<sup>-1</sup>
- $R$  = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación en t m.s de biomasa subterránea (t m.s de biomasa aérea)<sup>-1</sup>
- $CF$  = fracción de carbono de materia seca, ton C (t m.s.)<sup>-1</sup>
- $fd$  = fracción de biomasa perdida por perturbaciones

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.19, Ecuación 2.14

**B. Materia orgánica muerta**

El método del Nivel 1 supone que las existencias de carbono en la madera muerta y la hojarasca están en equilibrio en tierras forestales que permanecen como tierras forestales, por lo que se supone que los cambios de las existencias de carbono en los depósitos de MOM son nulos en esta subcategoría. En tierras convertidas en tierras forestales, la MOM puede normalmente aumentar.

**C. Carbono del suelo**

**Suelos minerales**

El método de Nivel 1 supone que las existencias de carbono en los suelos minerales no se modifican por la gestión, por lo que no se estima en tierras forestales que permanecen como tierras forestales.

## ***Suelos orgánicos***

No se dispone de información nacional sobre área de suelos forestales orgánicos drenados.

### **6.1.1.2. Datos de actividad**

Los datos de actividad de esta subcategoría han sido obtenidos a partir de datos nacionales brindados por instituciones nacionales e internacionales con competencia en el sector. La Tabla 18 presenta un resumen de los datos de actividad empleados y las fuentes de información de donde fueron obtenidos, por cada reservorio de la subcategoría. Asimismo, se indican los reservorios que no fueron estimados en el presente inventario y el motivo de su no inclusión.

Tabla 18. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en tierras forestales que permanecen como tierras forestales

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			Comentarios
			Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	
Biomasa Viva	Cambios de las existencias de carbono en biomasa	Incremento anual de existencias de carbono de biomasa (biomasa aérea y subterránea)	Superficie de Tierras Forestales que siguen siendo Tierras Forestales (ha)	Superficie de Bosques nativos bajo la modalidad de concesiones forestales con certificación de manejo forestal (ha)	FSC 2020. Datos y cifras 2016. Iniciativas de certificación forestal voluntaria Perú. Mes diciembre. Recuperado de: <a href="https://pe.fsc.org/es-pe/nuestro-impacto/datos-y-cifras">https://pe.fsc.org/es-pe/nuestro-impacto/datos-y-cifras</a>	La información es descargada de la página oficial de FSC, donde se encuentran los datos y cifras de las iniciativas en bosques con certificación de manejo forestal y cadenas de custodia en concesiones forestales. La información para el año analizado es descargada en formato Excel. La superficie reportada para el año inventario corresponde a la superficie acumulada hasta el mes de diciembre del año de reporte.
		Pérdida anual de carbono por extracción de madera	Volumen anual de madera rolliza extraída (m <sup>3</sup> /año)	Producción de madera rolliza por especie (m <sup>3</sup> /año)	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (2018). Anuario forestal y de fauna silvestre 2016. Recuperado de <a href="https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/05/Anuario-2016.pdf">https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/05/Anuario-2016.pdf</a>	Anualmente el SERFOR recopila la información proveniente de las guías de transporte de madera provenientes de extractores legales
		Pérdida anual de carbono por extracción leña	Volumen anual de leña recogida (m <sup>3</sup> /año)	Consumo estimado anual de leña a nivel nacional (m <sup>3</sup> /año)	Instituto Nacional de Estadística e Informática (s/f). Estadísticas de Población y Vivienda. Recuperado de <a href="https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indicetematico/poblacion-y-vivienda/#url">https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indicetematico/poblacion-y-vivienda/#url</a> Instituto Nacional de Estadística e Informática (s/f). Estadísticas de Medioambiente. Recuperado de <a href="https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indicetematico/medio-ambiente/">https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indicetematico/medio-ambiente/</a>	Estimación en función a las variables: población total, proporción de familias que consumen leña, consumo de leña per cápita por año.

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
			Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
					Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (2018). Anuario forestal y de fauna silvestre 2016. Recuperado de <a href="https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/05/Anuario-2016.pdf">https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/05/Anuario-2016.pdf</a>	
		Pérdida anual de carbono por perturbaciones	No estimado. No se dispone de información nacional para determinar el dato de actividad.			
Materia orgánica muerta	Cambios de las existencias de carbono en materia orgánica muerta	Cambio anual en las existencias de carbono de la materia orgánica muerta (incluye madera muerta y hojarasca)	El método del Nivel 1 supone que las existencias de carbono en la madera muerta y la hojarasca están en equilibrio, por lo que se supone que los cambios de las existencias de carbono en los depósitos de Materia Orgánica Muerta (MOM) son nulos.			
Carbono orgánico del suelo	Cambios de las existencias de carbono de los suelos	Cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales	El método de Nivel 1 supone que las existencias de carbono en los suelos minerales no se modifican por la gestión.			
		Pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados	No se dispone de información nacional sobre área de suelos forestales orgánicos drenados			

Fuente: Elaboración propia

En el RAGEI 2016, se utilizó el supuesto de que los bosques nativos con manejo forestal certificado poseen un incremento anual de las existencias de carbono en biomasa, atribuyéndole un crecimiento medio anual de la biomasa por la dinámica de extracción y recuperación debido al manejo al que se encuentran sometidos. En el caso de los bosques nativos sin manejo forestal certificado, se aplicó un supuesto de equilibrio en las reservas de carbono de la biomasa viva, por lo que no se han estimado remociones por el incremento de su biomasa.

La superficie de bosques nativos bajo la modalidad de concesiones forestales con certificación de manejo forestal (ha) se presenta en la Tabla 19.

**Tabla 19. Superficie de tierras forestales que permanecen como tierras forestales con incremento de biomasa**

Categoría de Uso de la Tierra		Subcategorías para el año de reporte		Superficie (ha)
Uso Inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año de reporte			
Tierras forestales	Tierras forestales	Amazonía	Bosque nativo con manejo forestal certificado	591,325.00
<b>TOTAL</b>				<b>591,325.00</b>

Fuente: FSC, 2016

Respecto a las pérdidas, se emplea el volumen anual de madera rolliza extraída, obtenido a partir de la información de producción de madera rolliza por especie (m<sup>3</sup>/año), que SERFOR recopila anualmente de las guías de transporte de madera, y que a su vez contienen la información sobre la extracción de madera en concesiones forestales. Los valores se observan en la Tabla 20.

**Tabla 20. Producción de madera rolliza por especie (m<sup>3</sup>/año)**

Especie		Volumen Aprovechado (m <sup>3</sup> r)
Nombre Común	Nombre Científico	
Achihua	<i>Huberodentron swietenoides</i>	5,529.96
Aguanillo	<i>Otoba parviflora</i>	1,318.98
Aguano masha/cumala	<i>Paramacherum ormosoide</i>	5,419.89
Albizia		153.57
Alcanfor, pepa de alcanfor	<i>Ocotea costulata/Cinnamomun camphora</i>	1,431.31
Aletón		4,061.70
Alkocaspi		947.99
Almendro	<i>Caryocar microcarpon</i>	9,499.78
Ana caspi	<i>Apuleia sp</i>	7,907.52
Andiroba	<i>Carapa guianensis aublet</i>	887.55
Anís moena		346.96
Anonilla		64.15
Añuje rumo		288.88
Arena caspi		305.01
Aserrín		77.39
Aucatadijo		1,377.53
Azúcar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i>	3,844.52
Azúfre	<i>Symphonia globulifera</i>	520.11
Banderilla		820.28
Barbasquillo		80.75

Especie		Volumen Aprovechado (m <sup>3</sup> r)
Nombre Común	Nombre Científico	
Bolaina	<i>Guazuma crinita</i>	36,464.50
Cabeza de mono		552.52
Cachimbo	<i>Cariniana domesticata</i>	92,536.97
Caimitillo	<i>Pouteria reticulata</i>	4,138.83
Caimito	<i>Pouteria neglecta</i>	1,290.70
Capinuri	<i>Clarisia biflora</i>	139,506.74
Capirona	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	69,947.26
Carahuasca		1,228.78
Caraña	<i>Protium carana, Trattinickia peruviana</i>	10,890.37
Casho	<i>Anacardium occidentale</i>	2,683.38
Catahua	<i>Hura crepitans</i>	33,109.46
Catuaba	<i>Erythroxylum catuaba</i>	3,538.76
Caupuri		281.55
Cedrillo	<i>Vochysia vismiifolia spruce ex warming</i>	301.41
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	18,364.18
Cedro blanco		121.59
Cedro cotrina		123.09
Cedro huasca	<i>Cedrela sp</i>	810.14
Cedro lila		50.26
Cedro virgen	<i>Cedrela montana</i>	1,377.77
Chamiza		347.20
Chancaquero		2,028.02
Charapilla	<i>Dipteryx odorata</i>	3,471.63
Charqui		1,131.82
Chayrapacae		194.93
Chimicua colorada		157.58
Chontaquiro	<i>Diploptropis sp</i>	1,398.37
Ciprana		88.12
Ciruelo		324.45
Col de monte		144.33
Congona		10,887.63
Congonilla		57,448.99
Copaiba	<i>Copaifera reticulata</i>	5,329.85
Cumala	<i>Virola sp, Iryanthera sp</i>	98,860.68
Cunchi moena		744.06
Diablo fuerte		120.16
Estoraque	<i>Myroxylon balsamun</i>	10,734.99
Eucalipto	<i>Eucalyptus sp</i>	35,699.73
Favorito		904.21
Goma		52.69
Guabilla		2,607.53
Guacamayo		208.16
Higuerilla	<i>Cunuria spruceana</i>	6,387.82
Higuerón	<i>Ficus casipiensis</i>	115.23
Hoja fina		721.66
Huamanchilca	<i>Brosimum sp</i>	1,037.84
Huampo		40.69

Especie		Volumen Aprovechado (m <sup>3</sup> r)
Nombre Común	Nombre Científico	
Huangana casho	<i>Sloanea sp</i>	2,359.24
Huapala		58.59
Huarango	<i>Acacia machracantah.b.l.</i>	40.84
Huayruro	<i>Ormosia sunkei</i>	43,370.74
Huimba, kcapo, lana vegetal	<i>Ceiba pentandra</i>	3,442.88
Inca paca	<i>Vismia sp</i>	523.48
Ishpingo	<i>Amburana cearensis</i>	6,201.52
Ishpinguillo	<i>Ocotea jelskii</i>	998.55
Isigo		106.59
Itahuba		613.60
Lagarto caspi	<i>Calophyllum brasiliense</i>	1,606.36
Lanchan	<i>Poulsania armata</i>	5,592.13
Leche caspi	<i>Lucuma sp</i>	7,255.67
Leche leche		275.02
Lechero	<i>Acalypha sp</i>	140.54
Lecherón		516.60
Limoncillo		125.06
Loro micuna	<i>Macoubea guianensis</i>	3,327.21
Lucmo		81.44
Lupuna	<i>Chorisia integrifolia</i>	101,967.67
Machimango	<i>Ochroma pyramidale</i>	3,859.92
Machin sapote		129.99
Manchinga	<i>Brosimum alicastrum</i>	3,652.10
Manzano	<i>Couma sp, Miconia sp</i>	591.56
Marañón del monte		718.03
Mari mari		1,051.91
Marupa	<i>Simarouba amara</i>	8,834.07
Mashonaste	<i>Clarisia racemosa</i>	5,163.88
Matapalo	<i>Ficus killipii</i>	2,806.21
Mauba		218.40
Missa	<i>Couratari guianensis</i>	18,823.11
Moena/amarilla/blanca/negra/rosada	<i>Aniba spp</i>	26,449.77
Nogal	<i>Junglans neotropica</i>	5,159.83
Nogalillo	<i>Cedrela dugesii</i>	167.37
Oje, renaco, rosado	<i>Ficus antithelmintica</i>	1,858.32
Paca paca		81.28
Paca		1,130.26
Palisangre	<i>Brosimum rubescens</i>	3,276.63
Palo aserrín		186.84
Palo bastón		55.86
Palo blanco		252.97
Palo caña		139.73
Palo charqui		116.46
Palo Ciruelo		40.38
Palo culebra		355.84
Palo hueso		348.88
Palo leche	<i>Couma sp</i>	890.42

Especie		Volumen Aprovechado (m <sup>3</sup> r)
Nombre Común	Nombre Científico	
Palo lechero		314.37
Palo Peruano		114.99
Palo sangre		133.75
Palo santo		464.13
Palo verde		364.94
Palta moena		427.51
Palto palto		946.92
Pama blanca		40.10
Pangasina		53.27
Panguana	<i>Brosimum utile</i>	108,448.80
Paonin		311.92
Papelillo, caspi	<i>Cariniana decandra</i>	5,537.99
Pashaco	<i>Schizolobium amazonicum</i>	24,023.91
Paujil ruro		495.78
Peine de mono		89.28
Pino	<i>Pinus radiata</i>	254.89
Pino chuncho	<i>Schizolobium amazonicum</i>	330.72
Pisho		533.41
Pumaquiuro	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	3,676.32
Punga lupuna		123.43
Quillobordón	<i>Aspidosperma subincanum</i>	1,844.70
Quillosa		1,818.71
Quina quina	<i>Pouteria torta</i>	1,121.39
Quinilla	<i>Manilkara bidentata</i>	11,558.65
Renaco	<i>Ficus sp</i>	236.96
Requia	<i>Guarea kunthiana</i>	3,469.04
Rifari	<i>Miconia sp</i>	170.09
Roble		7,495.96
Sacaña		63.69
Sacha cedro		150.55
Sachahuasca	<i>Trema spp</i>	304.43
Sachapalta, Junjuli	<i>Persea coerulea</i>	532.39
Seica		1,059.23
Sempo		1,126.85
Shihuahuaco	<i>Coumarouna odorata</i>	101,324.01
Shimbillo	<i>Inga sp</i>	282.41
Shiringa jebe		413.04
Tacho		168.45
Tahuari	<i>Tabebuia sp</i>	4,139.54
Tamamuri		90.60
Tangarana		351.91
Topa	<i>Ochroma pyramidale</i>	676.71
Tornillo	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	151,836.61
Tulpay		3,632.06
Ubos		265.24
Ulcumano		971.41
Utucuro	<i>Septotheca tessmannii</i>	4,719.23

Especie		Volumen Aprovechado (m <sup>3</sup> r)
Nombre Común	Nombre Científico	
Uvilla	<i>Pourouma cecropiaefolia</i>	126.67
Vilco		133.91
Violeta		124.00
Yacushapana	<i>Terminalia oblonga</i>	9,911.82
Yacushnun		102.17
Yanchama	<i>Poulsenia armata (miq) standl.</i>	2,972.91
Yesca caspi		1,168.03
Yutubanco	<i>Hymenaea oblongifolia huber</i>	140.23
Zapote	<i>Matisia spp</i>	15,239.49
Zapotillo		1,371.49
Zarzafras		
Otras especies		2,211.51
<b>TOTAL</b>		<b>1,448,366.71</b>

Fuente: SERFOR, 2018

Por otro lado, el volumen anual de leña recogida corresponde al consumo estimado anual de leña a nivel nacional (m<sup>3</sup>/año). Este valor es estimado en función a las variables de: i) población total, ii) porcentaje de la población que consume leña para el año del Inventario - ambos datos reportados por el Instituto Nacional de Estadísticas e Información (INEI), y iii) porcentaje de consumo de leña per cápita por región, reportado en Perú Forestal en Números (SERFOR 2017). La siguiente ecuación resume el procedimiento.

#### Ecuación s/n. Volumen anual de leña recogida

$$Vol_{leña\ consumida} = Pob_{total} * Pob_{consume\ leña} * \% \text{ Consumo leña}_{por\ región}$$

Fuente: GTA, 2020

Los valores del consumo de leña por región se estiman usando los índices calculados por la FAO, donde se estimó un consumo anual per cápita de la población rural de la Costa de 0,5 m<sup>3</sup> (r), la Sierra 1,1 m<sup>3</sup> (r) y la Selva 1,3 m<sup>3</sup> (r), donde r es madera rolliza.

El volumen anual de leña consumida se calcula mediante la aplicación de la Ecuación 1 y en base a las variables que se presentan en la Tabla 21.

**Tabla 21. Consumo anual de leña a nivel nacional**

Departamento	Población total 2016 (N° individuos)	Población que consume leña (% población)	Consumo de leña per cápita (m <sup>3</sup> /individuo)	Consumo Leña total (m <sup>3</sup> )
Amazonas	423,898.00	12.33	1.30	<b>67,923.00</b>
Ancash	1,154,639.00	16.07	1.10	<b>204,042.50</b>
Apurímac	460,868.00	1.70	1.10	<b>8,623.40</b>
Arequipa	1,301,298.00	0.26	1.10	<b>3,691.60</b>
Ayacucho	696,152.00	6.47	1.10	<b>49,527.20</b>
Cajamarca	1,533,783.00	2.78	1.10	<b>46,832.00</b>
Provincia Constitucional del Callao	1,024,439.00	0.14	0.50	<b>738.80</b>
Cusco	1,324,371.00	2.29	1.10	<b>33,414.60</b>
Huancavelica	498,556.00	9.17	1.10	<b>50,263.60</b>
Huánuco	866,631.00	7.67	1.20	<b>79,772.50</b>
Ica	794,919.00	2.15	0.50	<b>8,551.60</b>

Departamento	Población total 2016 (N° individuos)	Población que consume leña (% población)	Consumo de leña per cápita (m <sup>3</sup> /individuo)	Consumo Leña total (m <sup>3</sup> )
Junín	1,360,506.00	7.71	1.20	<b>125,873.30</b>
La Libertad	1,882,405.00	9.25	0.96	<b>167,117.60</b>
Lambayeque	1,270,794.00	2.72	0.50	<b>17,300.00</b>
Lima	9,989,369.00	7.66	0.50	<b>382,492.70</b>
Loreto	1,049,364.00	25.60	1.30	<b>349,283.0</b>
Madre de Dios	140,508.00	6.75	1.30	<b>12,335.40</b>
Moquegua	182,333.00	3.94	0.50	<b>3,596.30</b>
Pasco	306,322.00	5.24	1.20	<b>19,267.80</b>
Piura	1,858,617.00	5.57	0.80	<b>82,845.90</b>
Puno	1,429,098.00	0.39	1.10	<b>6,168.80</b>
San Martín	851,883.00	10.35	1.30	<b>114,662.90</b>
Tacna	346,013.00	2.27	0.50	<b>3,932.00</b>
Tumbes	240,590.00	1.26	0.50	<b>1,510.70</b>
Ucayali	501,269.00	5.79	1.30	<b>37,739.40</b>
<b>TOTAL</b>				<b>31,488,625.00</b>

Fuente: INEI, SERFOR

Por último, el RAGEI 2016 no incluye en la estimación a las pérdidas anuales por perturbaciones debido a que no se cuenta con datos de actividad de áreas bajo incendios forestales.

### 6.1.1.3. Factores de emisión y conversión

#### A. Factores de emisión

Las Directrices del IPCC de 2006 brindan factores de emisión por defecto para todos los parámetros evaluados. La Tabla 22 brinda el detalle de los factores de emisión utilizados para los cálculos de variación de carbono en el reservorio de biomasa viva (biomasa aérea y radicular).

**Tabla 22. Factores de emisión empleados para estimar ganancias y pérdidas de carbono del reservorio de biomasa viva**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Crecimiento medio anual de la biomasa aérea en bosques naturales para bosque tropical lluvioso.	1.00	t m.s./ ha/año	Este valor fue aplicado para estimar los incrementos de biomasa en los bosques nativos con manejo forestal.	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 4, cuadro 4.9
Relación biomasa subterránea/biomasa aérea para Amazonía	0.27	t raíz m.s./ t m.s.	Este valor fue aplicado para estimar los incrementos de la biomasa en bosques del bioma Amazonía	MIDAGRI - SERFOR 2019 <sup>8</sup> .
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (t C /t m.s.)	0.47	t C/ t m.s.	Aplicado para todos los tipos de vegetación.	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 4, cuadro 4.3

<sup>8</sup> Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú. Panel 1. Recuperado de: <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2020/03/INFORME-DEL-INFFS-PANEL-1.pdf>

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Factores de conversión y expansión de biomasa por defecto (BCEF) para Bosques naturales tropicales húmedos, con existencias en crecimiento entre 80 m <sup>3</sup> - 120 m <sup>3</sup>	1.67	sin dimensiones	Sirve para convertir volúmenes de madera y leña extraída en biomasa aérea.	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 4, cuadro 4.5

Fuente: SERFOR 2019, Directrices del IPCC de 2006

#### 6.1.1.4. Análisis de Incertidumbre

La incertidumbre de los datos de actividad de la categoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales estuvo basada en dictamen de expertos y valores por defecto de las OBP2003. Mientras que, para la incertidumbre de los factores de emisión, se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019.

El valor resultante de la incertidumbre combinada es de 205,96%. Se considera un valor de incertidumbre alto, por lo cual se indica que es necesario realizar acciones que permitan su reducción. La Tabla 23 muestra los valores de incertidumbre combinada para esta categoría.

**Tabla 23. Incertidumbre de las emisiones de CO<sub>2</sub> para la categoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales.**

Código de categorías de fuentes 2006	Categorías de fuentes y sumideros	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{(E^2+F^2)}$
			%	%	%
3.B.1.a	TF que permanecen como TF	CO <sub>2</sub>	37,62	202,50	205,96

Fuente: Elaboración propia.

Se presentan a continuación los valores de las incertidumbres de todos los parámetros que intervienen en la estimación de emisiones/remociones de la categoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales.

**Tabla 24. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales**

Parámetro	GgCO <sub>2</sub>	Límite inferior (%)	Límite superior (%)	Valor a utilizar (%)	Fuente
Superficie anual de tierras forestales que permanecen como tierras forestales	-1.291,23	-12,50	12,50	12,50	OBP2003. Página 3,33
Producción de madera rolliza por especie (m <sup>3</sup> /año)	5.281,70	-70,00	70,00	70,00	Promedio de data experto, proveniente del RAGEI USCUS 2014 A. 'Carranza, J (2016/12/10). Solicitud de dictamen de expertos. Obtenida del RAGEI - USCUS 2014. Archivo enviado por correo electrónico. Recuperado de <a href="https://mail.minam.gob.pe/owa/#path=/mail">https://mail.minam.gob.pe/owa/#path=/mail</a>
Consumo estimado anual de leña a nivel nacional (m <sup>3</sup> /año)	6.846,63	-25,00	25,00	25,00	

Parámetro	GgCO <sub>2</sub>	Límite inferior (%)	Límite superior (%)	Valor a utilizar (%)	Fuente
					B. 'La Torre-Cuadros., MA (2016/12/20). Solicitud de dictamen de expertos RAGEI - USCUS
Superficie de tierra afectada por incendios forestales	NE	ND			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la categoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales.

Parámetro				Valor de Biomasa aérea	Valor de incertidumbre por defecto	Límite inferior	Límite superior	Valor a utilizar (%)	Fuente
Relación biomasa subterránea/ biomasa aérea (t raíz m.s. / t m.s.)	Bosque tropical húmedo	Natural	Biomasa aérea ton ha <sup>-1</sup> > 125	0,22	0,036	0,18	0,26	16,36	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol. 4. Cap.4. Pag. 4.18. Cuadro 4.4
						-16%	16%		
Crecimiento medio anual de la biomasa aérea en bosques naturales (t m.s./ha/año)				1,00	2,00	-1	3	200,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.4. Pág. 4.34. Cuadro 4.9
						-200%	200%		
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (t C /t m.s.)				0,47		0,44	0,49	5,32	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.4. Pág. 4.57. Cuadro 4.3
						-6%	4%		
Factor de conversión y expansión de biomasa (BCE <sub>F</sub> )				1,67		1,11	2,00	26,61	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.4. Pág. 4.52. Cuadro 4.5
						-33%	20%		

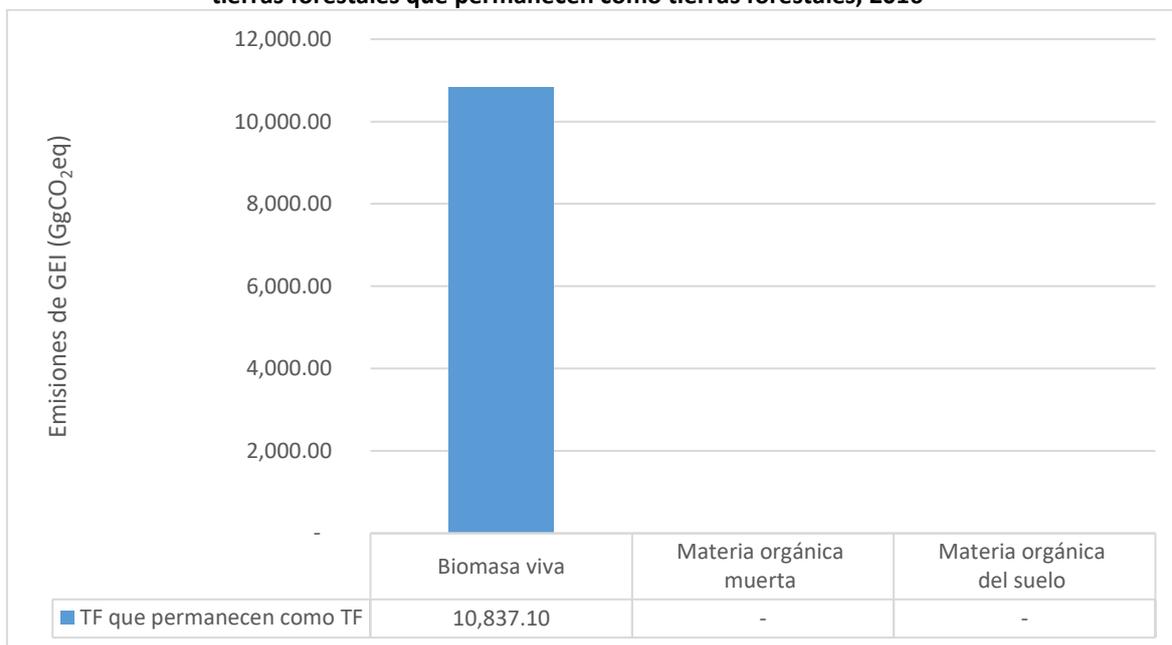
Fuente: Directrices del IPCC de 2006

**6.1.1.5. Análisis de resultados**

En el año 2016, las emisiones generadas en tierras forestales que permanecen como tierras forestales fueron 10,837.10 GgCO<sub>2</sub>eq, que representa el 9.94% de las emisiones del sector.

La Figura 13 presenta cómo se encuentran distribuidas las emisiones y remociones del año 2016 entre los reservorios de carbono, donde el 100.00%, de las emisiones corresponden a los cambios en las existencias de carbono en la biomasa viva (biomasa aérea y subterránea). Dado que se aplicó un método de cálculo Nivel 1, se asumió que los cambios en existencias de materia orgánica muerta y materia orgánica del suelo se encuentran en equilibrio, y por lo tanto, son nulos.

**Figura 13. Distribución de las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> por reservorios de carbono de las tierras forestales que permanecen como tierras forestales, 2016**

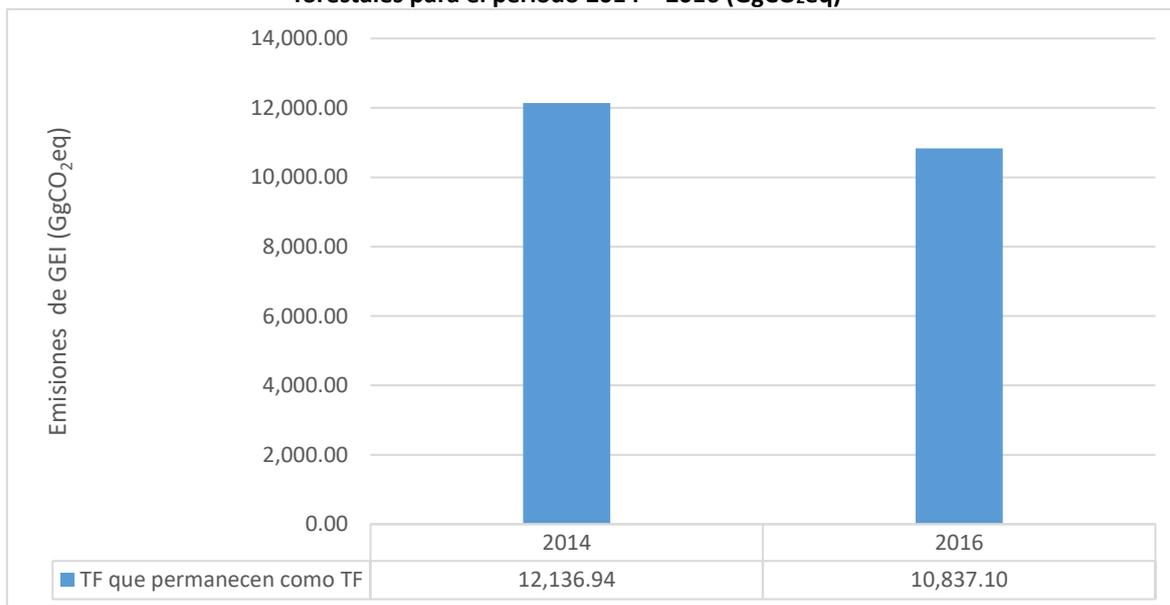


Fuente: Elaboración propia

**6.1.1.6. Actualización de serie temporal**

Respecto a la evolución de las emisiones, en la Figura 14 se aprecia que las emisiones en el año 2016 disminuyeron en un 10.71% respecto al año 2014.

**Figura 14. Cambio de las emisiones de GEI de las Tierras Forestales que permanecen como tierras forestales para el período 2014 – 2016 (GgCO<sub>2</sub>eq)**

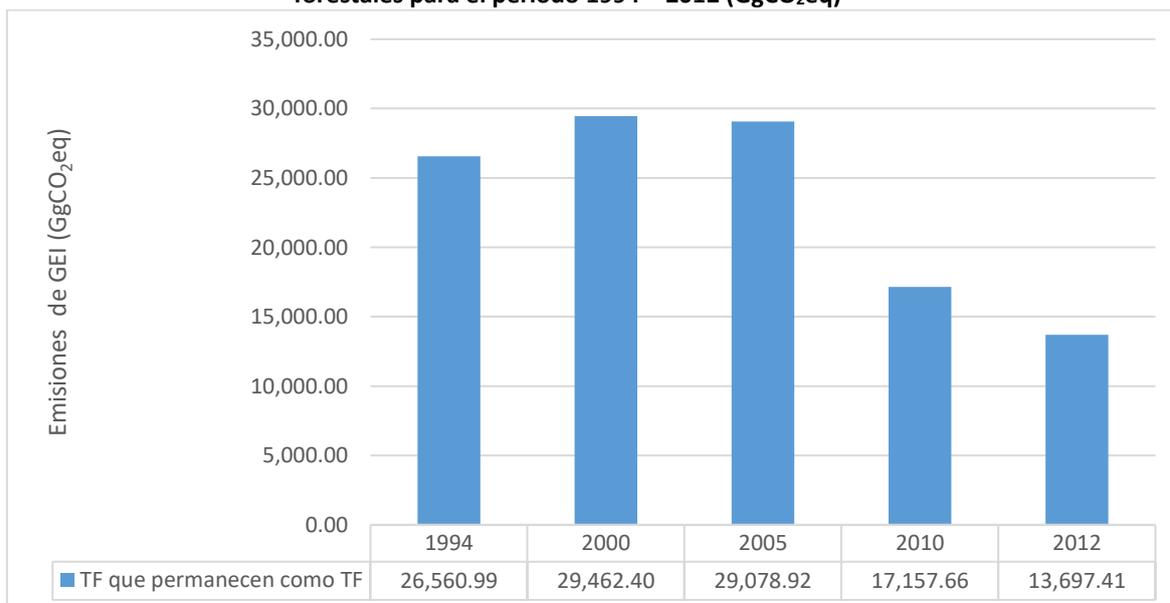


Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la Figura 15 presenta los resultados de las emisiones de los años 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994, siendo el 2000 (29,462.40 GgCO<sub>2</sub>eq) y 2005 (29,078.92 GgCO<sub>2</sub>eq) los años con mayores emisiones durante el periodo analizado.

Cabe destacar que debido a que se utilizó un método 1 de representación de tierras en los biomas Costa y Sierra para el periodo 2000 – 2012, la categoría tierras que permanecen como tierras forestales incluye también a las tierras convertidas en tierras forestales en estos dos biomas.

**Figura 15. Evolución de emisiones de GEI de las tierras Forestales que permanecen como tierras forestales para el período 1994 – 2012 (GgCO<sub>2</sub>eq)**



Fuente: Elaboración propia

## 6.1.2. Tierras convertidas en tierras forestales (3B1b)

Las emisiones y remociones de GEI en las tierras convertidas en tierras forestales comprenden la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo).

Las tierras gestionadas son convertidas en tierras forestales mediante forestación y reforestación, y mediante métodos de regeneración natural o artificial (incluidas las plantaciones forestales). El estado de las tierras convertidas en tierras forestales se evalúa durante 20 años.

### 6.1.2.1. Método de cálculo

#### A. *Biomasa*

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

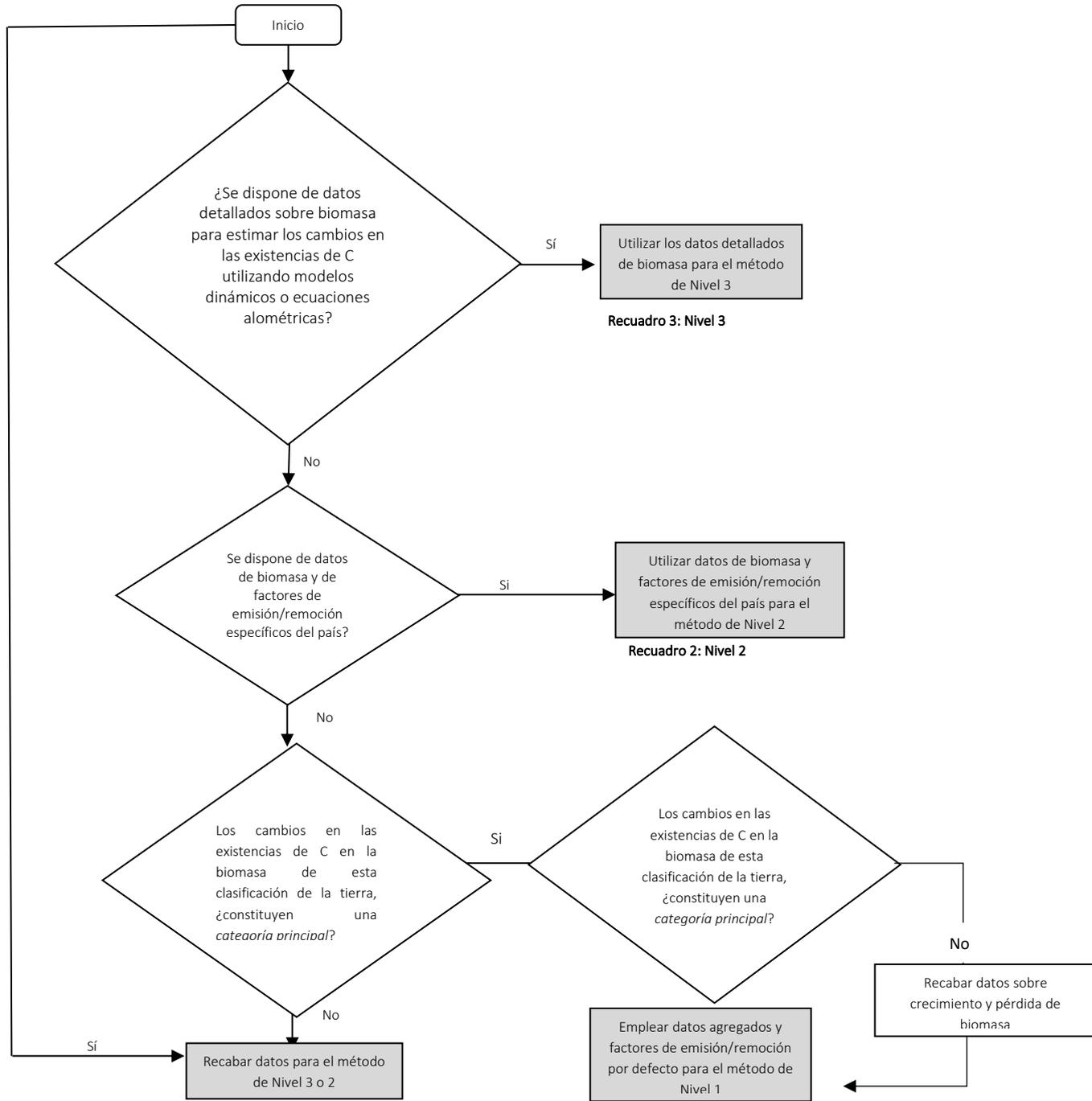
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos de biomasa y factores de emisión y/o remoción específicos del país.

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de biomasa.

La Figura 16 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 16. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en las tierras convertidas en tierras forestales.**



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

Recuadro 1: Nivel 1

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

- Se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de los cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en tierras forestales, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1 y Nivel 2, dependiendo de la disponibilidad de información nacional.

La estimación del cambio en las existencias de carbono en la biomasa se realiza aplicando el método de pérdidas y ganancias, que consiste en restar las pérdidas de los incrementos de carbono de la biomasa viva durante el año de notificación utilizando la ecuación 2.7 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.7. Cambio anual de las existencias de carbono en biomasa (Método de pérdidas y ganancias)**

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

Donde:

- $\Delta C_B$  = Cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_G$  = Aumento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_L$  = Reducción anual de las existencias de carbono debido a la pérdida de biomasa, t C año<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.12, Ecuación 2.7

La ecuación utilizada para estimar el incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa viva es la Ecuación 2.9 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.9. Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra**

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

Donde:

- $\Delta C_G$  = incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido al crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática, ton C año<sup>-1</sup>
- A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, ha
- $G_{TOTAL}$  = crecimiento medio anual de la biomasa, t m.s. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>
- i = zona ecológica i (i = 1 a n)
- j = dominio climático j (j = 1 a m)
- CF = fracción de carbono de materia seca, t C (t m.s.)<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.16, Ecuación 2.9

El incremento anual promedio de la biomasa total, que incluye la biomasa subterránea. Se calcula picando la ecuación 2.10 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.10. Incrementos anuales promedio de la biomasa**

$$G_{TOTAL} = \sum \{G_w \times (1 + R)\}$$

Donde:

- $G_{TOTAL}$  = crecimiento medio anual de la biomasa, t m.s. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>  
 $G_w$  = promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa, t m.s. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>  
 $R$  = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación en t m.s de biomasa subterránea (ton m.s de biomasa aérea)<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.16, Ecuación 2.10

Por otro lado, todas las pérdidas por extracción de madera y leña fueron estimadas en la sección de Tierras forestales que permanecen como tierras forestales, por lo cual no se contabilizan en esta sección para evitar la doble contabilidad.

**B. Materia orgánica muerta**

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

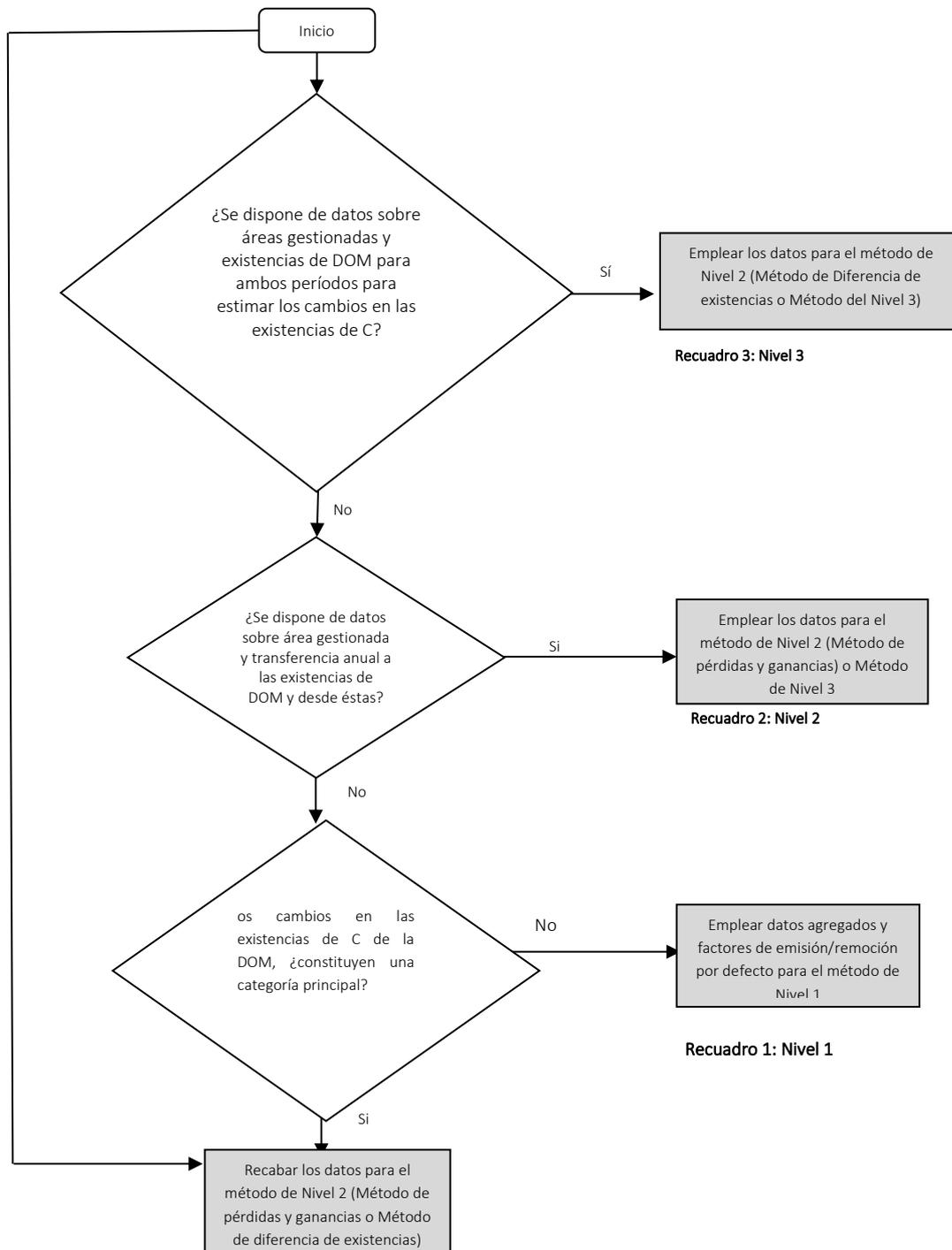
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos sobre transferencia anual y factores de emisión y/o remoción específicos del país.

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de existencias de MOM.

La Figura 17 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 17. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en las tierras convertidas en forestales**



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

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

- No se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en tierras convertidas en tierras forestales, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1.

La ecuación 2.23 de las Directrices del IPCC de 2006 resume el cálculo para estimar los cambios anuales de las existencias de carbono en depósitos de materia orgánica muerta.

**Ecuación 2.23. Cambio anual en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca debido a la conversión en el uso de la tierra**

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_o - C_n) \times A_{on}}{T_{on}}$$

Donde:

- $\Delta C_{DOM}$  = cambio en las existencias anuales de carbono en madera muerta u hojarasca, t C año<sup>-1</sup>
- $C_o$  = cambio en las existencias de carbono de la madera muerta, t C año<sup>-1</sup>
- $C_n$  = cambio en las existencias de carbono de la hojarasca, t C año<sup>-1</sup>
- $A_{on}$  = superficie sometida a la conversión de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, ha
- $T_{on}$  = lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, año. El valor por defecto del Nivel 1 es de 20 años para los incrementos de existencias de carbono y de 1 año para las pérdidas de carbono.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.29, Ecuación 2.23

**C. Carbono del suelo**

**Suelos minerales**

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

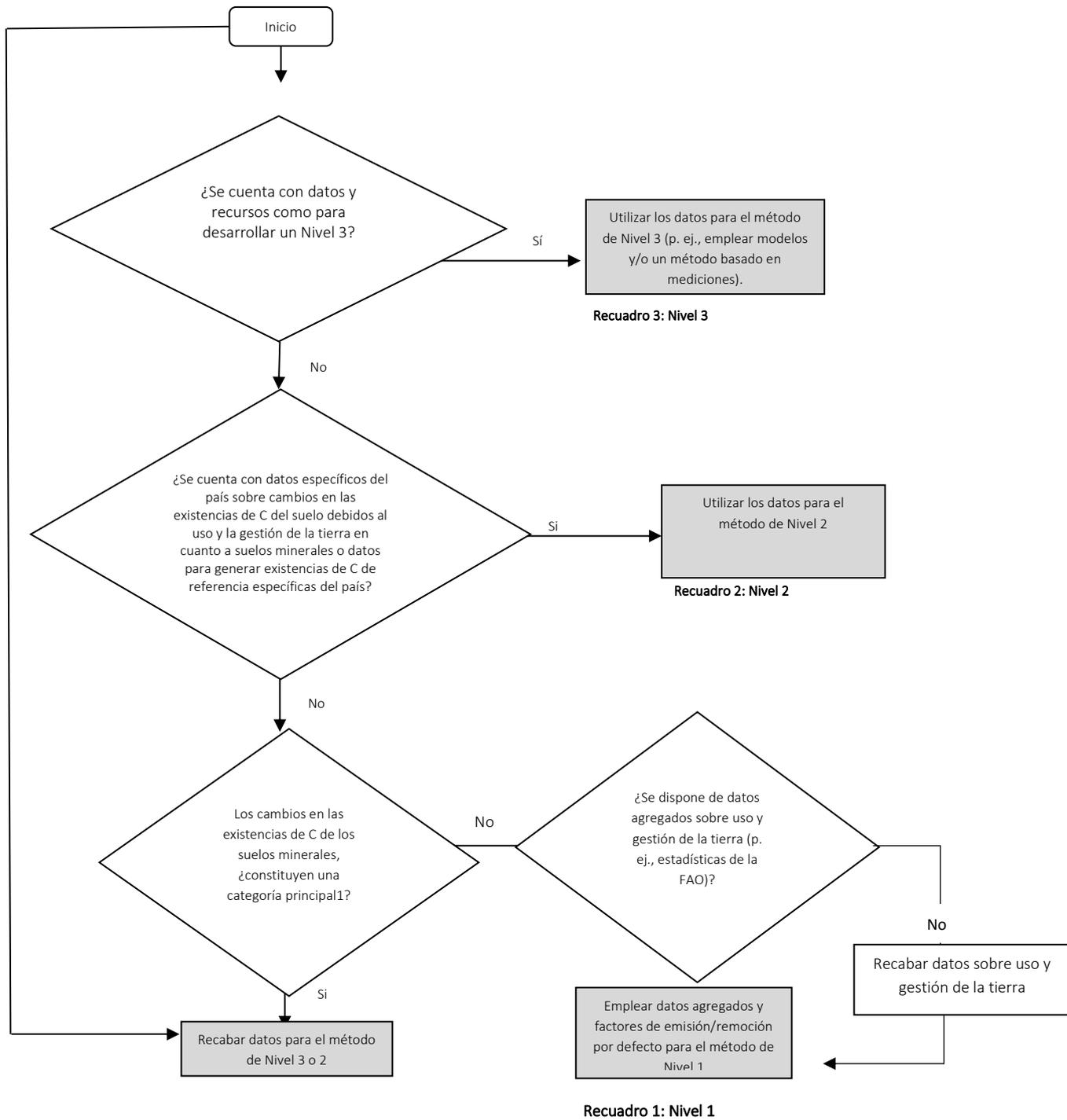
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos específicos del país sobre cambios en las existencias de C del suelo debidos al uso y la gestión de la tierra en cuanto a suelos minerales o datos para generar existencias de C de referencia específicas del país

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de basados en modelos y/o mediciones.

La Figura 18 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 18. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales para las tierras convertidas en tierras forestales.**



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

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

- No se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en tierras forestales, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1.

**Ecuación 2.25. Cambio anual en las existencias de carbono orgánico en suelos minerales**

$$\Delta C_{Minerales} = \frac{(SOC_o - SOC_{0-T})}{D}$$

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

(Nota: En esta ecuación, se utiliza T en lugar de D cuando T es  $\geq 20$  años)

Donde:

- $\Delta C_{Minerales}$  = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_o$  = existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_{0-T}$  = existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>  
 $SOC_o$  y  $SOC(0-T)$  se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de carbono según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)
- T = cantidad de años de un período de inventario dado, año
- D = Dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año. Habitualmente 20 años, pero depende de las hipótesis que se apliquen en el cálculo de los factores FLU, FMG y FI. Si T es mayor que D, úsese el valor de T para obtener la tasa anual de cambio durante el tiempo de inventario (0 – T años).
- c = representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de sistemas de gestión que se dan en un país dado.
- $F_{MG}$  = factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular, sin dimensión
- $F_{LU}$  = factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, sin dimensión
- $F_i$  = factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, sin dimensión

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.34, Ecuación 2.25

**Suelos orgánicos**

No se dispone de información nacional sobre área de suelos forestales orgánicos drenados, por lo que el RAGEI 2016 no incluye las emisiones por este reservorio.

## 6.1.2.2. Datos de actividad

Los datos de actividad de esta subcategoría ha sido obtenido a partir de las matrices de uso y cambio de uso de tierras que consideran un periodo de transición de 20 años para los biomas Amazonía, Costa y Sierra, datos nacionales calculados a partir de información espacial pública del Programa Nacional de Conservación de Bosque para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC), a través de los Mapas de uso y cambio de uso de tierra del MNCB, y la información espacial descargada de la Agencia Espacial Europea (ESA), que fueron recopilados y procesados en el marco del RAGEI UTCUTS 2016.

Asimismo, a partir de un juicio de expertos, se ha desagregado la superficie en conversión hacia tierras forestales por plantaciones forestales y conversiones por regeneración del bosque nativo.

Las Tabla 26 presenta un resumen de los datos de actividad requeridos y las fuentes de información de donde fueron obtenidos, por cada reservorio de la subcategoría. Asimismo, se indican los reservorios que no fueron estimados en el presente reporte y el motivo de su no inclusión.

Tabla 26. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en Tierras convertidas en tierras forestales

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
			Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
Biomasa Viva	Cambios de las existencias de carbono en biomasa	Incremento anual de existencias de carbono de biomasa (biomasa aérea y subterránea)	Superficie de Tierras convertidas en Tierras Forestales (ha)	Superficie de tierras convertidas en tierras forestales por regeneración de bosques nativos (ha) - Acumulada en 20 años	Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.	El PNCBMCC genera información para entender las trayectorias en el uso de la tierra. El módulo cuenta con información espacial para los periodos: 1995-2000, 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013, 2013-2016. Estos mapas son la información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el bioma Amazonía de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC. Asimismo, a partir de la información base, se construyó un modelo histórico para la reconstrucción de la serie histórica comprendida entre 1975 y 1995.
					European Space Agency	La información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en los biomas de Costa y Sierra fue la información satelital descargada de la <i>European Space Agency</i> para los periodos 1994-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2012, 2012-2014, 2014 2016 y 2016-2014. Toda la información espacial descargada fue re proyectada y ajustada al territorio nacional y los límites de los biomas Costa y Sierra. Asimismo, se reclasificó la leyenda de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC.
					Dictamen de expertos	A partir de un dictamen de expertos, se determinó las proporciones de desagregación de las superficies de tierras convertidas en tierras forestales por regeneración natural del bosque nativo y plantaciones forestales.
				Superficie de tierras convertidas en tierras forestales por plantación	Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del	El PNCBMCC genera información para entender las trayectorias en el uso de la tierra. El módulo cuenta con información espacial para los periodos: 1995-2000, 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013, 2013-2016. Estos mapas son la información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el bioma Amazonía de acuerdo

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
			Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
				forestal (ha) - Acumulada en 20 años	Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.	con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC. Asimismo, a partir de la información base, se construyó un modelo histórico para la reconstrucción de la serie histórica comprendida entre 1975 y 1995.
					European Space Agency	La información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en los biomas de Costa y Sierra fue la información satelital descargada de la <i>European Space Agency</i> para los periodos 1994-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2012, 2012-2014, 2014 2016 y 2016-2014. Toda la información espacial descargada fue re proyectada y ajustada al territorio nacional y los límites de los biomas Costa y Sierra. Asimismo, se reclasificó la leyenda de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC.
					Dictamen de experto	A partir de un dictamen de expertos se determinó las proporciones de desagregación de las superficies de tierras convertidas en tierras forestales por regeneración natural del bosque nativo y plantaciones forestales.
		Pérdida anual de carbono por extracción madera	Todas las pérdidas por extracción de madera fueron calculadas en TFTF			
		Pérdida anual de carbono por extracción leña	Todas las pérdidas por extracción de madera fueron calculadas en TFTF			
		Pérdida anual de carbono por perturbaciones	No se dispone de información nacional para determinar el dato de actividad.			
Materia orgánica muerta	Cambios de las existencias de carbono en materia	Cambio anual en las existencias de carbono de la materia orgánica muerta	Superficie bajo conversión hacia una nueva	Superficie de tierras convertidas en tierras	Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación	El PNCBMCC genera información para entender las trayectorias en el uso de la tierra. El módulo cuenta con información espacial para los periodos: 1995-2000, 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013, 2013-2016. Estos mapas son la

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
			Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
	orgánica muerta	(incluye madera muerta y hojarasca)	categoría de uso de suelo	forestales (ha) - Acumulada en 20 años	de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.	información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el bioma Amazonía de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC. Asimismo, a partir de la información base, se construyó un modelo histórico para la reconstrucción de la serie histórica comprendida entre 1975 y 1995.
					<i>European Space Agency</i>	La información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en los biomas de Costa y Sierra fue la información satelital descargada de la <i>European Space Agency</i> para los periodos 1994-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2012, 2012-2014, 2014 2016 y 2016-2014. Toda la información espacial descargada fue re proyectada y ajustada al territorio nacional y los límites de los biomas Costa y Sierra. Asimismo, se reclasificó la leyenda de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC.
Carbono orgánico del suelo	Cambios de las existencias de carbono de los suelos	Cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales	Superficie bajo conversión hacia una nueva categoría de uso de suelo	Superficie de tierras convertidas en tierras forestales (ha) - Acumulada en 20 años	Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.	El PNCBMCC genera información para entender las trayectorias en el uso de la tierra. El módulo cuenta con información espacial para los periodos: 1995-2000, 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013, 2013-2016. Estos mapas son la información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el bioma Amazonía de acuerdo a las seis categorías de uso de la tierra del IPCC. Asimismo, a partir de la información base, se construyó un modelo histórico para la reconstrucción de la serie histórica comprendida entre 1975 y 1995.
					<i>European Space Agency</i>	La información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en los biomas de Costa y Sierra fue la información satelital descargada de la <i>European Space Agency</i> para los periodos 1994-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2012, 2012-2014, 2014 2016 y 2016-2014.

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
			Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
						Toda la información espacial descargada fue re proyectada y ajustada al territorio nacional y los límites de los biomas Costa y Sierra. Asimismo, se reclasificó la leyenda de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC.
		Pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados	No estimado. No se dispone de información nacional para determinar el dato de actividad.			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, todos los niveles requieren información sobre áreas convertidas en tierras forestales durante los 20 años anteriores al año del inventario (valor por defecto).

El incremento anual de las existencias de carbono en biomasa se calculó en las tierras convertidas en tierras forestales desde otros usos. Estas superficies de cambios fueron desagregadas de acuerdo con proporciones establecidas a través del dictamen de expertos, donde se le asignó un valor proporcional de las superficies de tierras convertidas en tierras forestales generada por la instalación plantaciones forestales. La otra porción fue asumida como regeneración del bosque nativo. Los valores se indican en la Tabla 27.

**Tabla 27. Proporción de plantaciones forestales instaladas dentro de las Tierras convertidas en tierras forestales**

Bioma	Uso inicial	Proporción de plantaciones forestales instaladas en tierras convertidas en tierras forestales (%)
Costa	Tierras de cultivo	0.05%
	Pastizales	5.00%
	Humedales	0.00%
	Asentamientos	0.00%
	Otras Tierras	35.00%
Sierra	Tierras de cultivo	5.05%
	Pastizales	75.00%
	Humedales	0.00%
	Asentamientos	0.00%
	Otras Tierras	65.00%

Fuente: Juicio de experto (V. Barrena, I. Lombardi), 2020

La superficie de tierras convertidas en tierras forestales desagregada en superficie de plantaciones forestales y regeneración de bosque nativo (ha), en los biomas de Costa y Sierra se presenta en la Tabla 28. Cabe señalar que durante el periodo de análisis no se registraron tierras convertidas en tierras forestales en el bioma Amazonía.

**Tabla 28. Superficie de tierras convertidas en tierras forestales.**

Categoría de Uso de la Tierra		Categoría de Uso de la Tierra		Superficie
Uso Inicial de la tierra	Uso Inicial de la tierra			(ha)
TC	TF	Amazonía	Regeneración de bosque nativo	-
			Plantación forestal	-
		Costa	Regeneración de bosque nativo	4,996.64
			Plantación forestal	2.50
		Sierra	Regeneración de bosque nativo	4,380.94
			Plantación forestal	233.00
<b>Subtotal</b>				<b>9,613.08</b>
P	TF	Amazonía	Regeneración de bosque nativo	-
			Plantación forestal	-
		Costa	Regeneración de bosque nativo	38,148.22
			Plantación forestal	2,007.80
		Sierra	Regeneración de bosque nativo	4,346.24
			Plantación forestal	13,038.71

Categoría de Uso de la Tierra		Categoría de Uso de la Tierra		Superficie
Uso Inicial de la tierra	Uso Inicial de la tierra			(ha)
Subtotal				57,540.96
H	TF	Amazonía	Regeneración de bosque nativo	-
			Plantación forestal	-
		Costa	Regeneración de bosque nativo	546.12
			Plantación forestal	-
		Sierra	Regeneración de bosque nativo	1,446.30
			Plantación forestal	- -
Subtotal				1,992.42
A	TF	Amazonía	Regeneración de bosque nativo	-
			Plantación forestal	-
		Costa	Regeneración de bosque nativo	-
			Plantación forestal	-
		Sierra	Regeneración de bosque nativo	-
			Plantación forestal	-
Subtotal				
OT	TF	Amazonía	Regeneración de bosque nativo	-
			Plantación forestal	-
		Costa	Regeneración de bosque nativo	2,785.54
			Plantación forestal	1,499.90
		Sierra	Regeneración de bosque nativo	21.18
			Plantación forestal	39.34
Subtotal				4,345.97
TOTAL				73,492.43

Fuente: Elaboración propia

Respecto a las pérdidas, todo el volumen anual de madera rolliza extraída, y la madera recolectada para combustible ha sido reportados en la sección de tierras forestales que permanecen como tierras forestales, por lo que no serán contabilizadas en esta sección. Asimismo, el RAGEI 2016 no incluye en la estimación a las pérdidas anuales por perturbaciones en tierras convertidas en tierras forestales debido a que no se cuenta con datos de actividad de áreas bajo incendios forestales.

### 6.1.2.3. Factores de emisión y conversión

#### A. Factores de emisión

Las Directrices del IPCC de 2006 brindan factores de emisión por defecto para todos los parámetros necesarios para las estimaciones. Se utilizan parámetros nacionales donde se encuentren disponibles.

La Tabla 29 brinda el detalle de los factores de emisión utilizados para los cálculos de variación de carbono en el reservorio de biomasa viva.

**Tabla 29 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio biomasa viva.**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Crecimiento medio anual de la biomasa aérea en para Bosque tropical seco Secundario ≤ 20 años	3.90	t m.s./ha/año	Este valor fue aplicado para estimar los incrementos de biomasa en los bosques secundarios en Costa	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 4, cuadro 4.9, página 4.58
Crecimiento medio anual de la biomasa aérea en Sistema montañoso tropical Secundario ≤ 20 años	4.40	t m.s./ha/año	Este valor fue aplicado para estimar los incrementos de biomasa en los bosques secundarios en Sierra	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 4, cuadro 4.9, página 4.58
Crecimiento medio anual de la biomasa aérea en Plantaciones forestales de especies de hojas anchas en bosque tropical seco	20.00	t m.s./ha/año	Este valor fue aplicado para estimar los incrementos de biomasa en plantaciones forestales en Costa	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 4, cuadro 4.9, página 4.58
Crecimiento medio anual de la biomasa aérea en Plantaciones forestales de eucalipto en Sistemas montañosos tropicales	10.00	t m.s./ha/año	Este valor fue aplicado para estimar los incrementos de biomasa en plantaciones forestales en Sierra.	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 4, cuadro 4.9, página 4.58
Relación biomasa subterránea/ biomasa aérea para Amazonía	0.27	t raíz m.s./ t m.s.	Este valor fue aplicado para estimar los incrementos de la biomasa en bosques del bioma Amazonía	MIDAGRI - SERFOR 2019
Relación biomasa subterránea/ biomasa aérea para Costa	0.33	t raíz m.s./ t m.s.	Este valor fue aplicado para estimar los incrementos de la biomasa en bosques del bioma Costa	MIDAGRI - SERFOR 2019
Relación biomasa subterránea/ biomasa aérea para Sierra	0.36	t raíz m.s./ t m.s.	Este valor fue aplicado para estimar los incrementos de la biomasa en bosques del bioma Sierra	MIDAGRI - SERFOR 2019
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (t C /t m.s.)	0.47	t C /t m.s.	Este valor fue aplicado para usado para todas las estimaciones de pérdidas y ganancias de la biomasa	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 4, cuadro 4.3

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, SERFOR 2019

Los factores de emisión para estimar las emisiones de la materia orgánica muerta se muestran en la Tabla 30.

**Tabla 30 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio materia orgánica muerta.**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Existencias de carbono en hojarasca y madera muerta para Bosque tropical húmedo	2.40 9.00	t C./ ha	La suma de estos valores fue aplicada para estimar las existencias de materia orgánica muerta (MOM) en bosques del bioma Amazonía	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.2
Existencias de carbono en hojarasca y madera muerta para Bosque tropical seco	n.d. 3.30	t C./ ha	Este valor fue aplicado para estimar las existencias de MOM en bosques del bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.2
Existencias de carbono en hojarasca y madera muerta para Sistemas montañosos tropicales	5.90 8.00	t C./ ha	La suma de estos valores fue aplicada para estimar de materia orgánica muerta (MOM) en bosques del bioma Sierra	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.2

\*Se emplearon factores de emisión de las Directrices de 2006 revisadas de 2019, por considerarse más adecuados a las circunstancias de Perú.

Nota: ND = No disponible

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019

Los factores de emisión para estimar las emisiones en el carbono orgánico del suelo se muestran en la Tabla 31.

**Tabla 31 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos AAA, región tropical húmeda	40	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos ABA, región tropical húmeda	38	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos de humedal, región tropical húmeda	68	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos AAA, región tropical seca	21	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono	9	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
COS <sub>REF</sub> , suelos arenosos, región tropical seca			por defecto de los suelos minerales en bioma Costa	2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos AAA, región montañoso tropical	51	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Sierra	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 2.5.
Factores por defecto de variación de las reservas: FLU, FMG, FI para tierras de cultivo	0.83, 1.10, 0.92	Sin dimensión	Valores usados para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.10
Factores por defecto de variación de las reservas: FLU, FMG, FI para pastizales	1.00 1.00 1.00	Sin dimensión	Valores usados para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 6, cuadro 6.2

\* Se emplearon factores de emisión de las Directrices de 2006 revisadas de 2019, por considerarse más adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019

#### 6.1.2.4. Análisis de Incertidumbre

La incertidumbre de los datos de actividad de la categoría Tierras convertidas en tierras forestales estuvo basados en valores por defecto de las OBP2003. Mientras que para la incertidumbre de los factores de emisión, se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019.

El valor resultante de la incertidumbre combinada es de 166,15%. Se considera un valor de incertidumbre alto, por lo cual se indica que es necesario realizar acciones que permitan su reducción. La Tabla 32 muestra los valores de incertidumbre combinada para esta categoría.

**Tabla 32. Incertidumbre de las emisiones de CO<sub>2</sub> para la categoría tierras convertidas en tierras forestales**

Código de categorías de fuentes 2006	Categorías de fuentes y sumideros	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{E^2+F^2}$
			%	%	%
3.B.1.b	Tierras convertidas en TF	CO <sub>2</sub>	12,50	165,68	166,15

Fuente: Elaboración propia.

Se presentan a continuación los valores de las incertidumbres de todos los parámetros que intervienen en la estimación de emisiones/remociones de la categoría Tierras convertidas en tierras forestales.

**Tabla 33. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras convertidas en tierras forestales**

Incertidumbre de los datos de actividad				
Parámetro	Límite inferior (%)	Límite superior (%)	Valor a utilizar (%)	Fuente
Superficie de tierras convertidas en tierras forestales	-12,50	12,50	12,50	OBP2003. Página 3,33
Superficie de tierras convertidas en tierras forestales por regeneración de bosques nativos (ha)				
Superficie de tierras convertidas en tierras forestales por plantación forestal (ha)				

Fuente: OBP2003

Tabla 34. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la categoría tierras convertidas en tierras forestales.

Parámetro				Valor de biomasa	Valor de incertidumbre por defecto	Límite inferior	Límite superior	Valor a utilizar (%)	Fuente
Relación biomasa subterránea/ biomasa aérea (t raíz m.s. / t m.s.)	Bosque tropical seco	Natural	Biomasa aérea ton ha <sup>-1</sup> ≤ 125	0,56	0,28	0,68	35,71	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4. Cap.4. pág. 4.58. Cuadro 4.4	
					-50%	21%			
	Sistemas montañosos tropicales	Natural	Biomasa aérea ton ha <sup>-1</sup> ≤ 125	±90		90	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.4. Cuadro 4.4. Pág. 4.18		
		Plantado	0,27	0,27	0,28	1,85	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4. Cap.4. pág. 4.58. Cuadro 4.4		
				0%	4%				
Crecimiento medio anual de la biomasa aérea en bosques naturales secundarios (t m.s./ha/año)	Bosque tropical seco		3,9	2,4	1,5	6,3	61,54	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.4. Pág. 4.34 y Pág. 4.35	
					-62%	62%			
	Sistemas montañosos tropicales		4,4	1,6	2,8	6	36,36		
					-36%	36%			
Existencias de carbono en madera muerta / hojarasca (t C/ha)	Bosque tropical seco	Depósitos de carbono en hojarasca (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación		2,4	2,10	2,70	12,50	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.2. Cuadro 2.2. Pág. 2.28	
						-13%			13%
		Depósitos de carbono en madera muerta (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación		9	1,30	17,30	88,89		
						-86%			92%
	Sistema Montañoso Tropical	Depósitos de carbono en hojarasca (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación		ND	ND	ND	ND		
			Depósitos de carbono en madera muerta (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación						
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> (t C/ha)	Costa	Suelos Arenosos		±9%			9,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.2. Cuadro 2.3. Pág. 2.35	
			Suelos AAA		±5%				5,00
	Sierra	Suelos AAA		±10%			10,00		
Crecimiento medio anual de la biomasa aérea en plantaciones forestales (t m.s./ha/año)	Bosque tropical seco		10	3	12	45,00	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.4. Cuadro 4.10. Pág. 4.68		
					-70%			20%	
	Sistemas montañosos tropicales		10	8	18	50,00			
					-20%			80%	
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (t C /t m.s.)				0,47	0,44	0,49	5,32	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.4. Pág. 4.57. Cuadro 4.3	
					-6%	4%			
Factores de cambio de existencias para diferentes actividades de gestión en tierras de cultivo	Uso de la tierra (Flu)			±11%			11,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.5. Cuadro 5.5. Pág. 5.27.	
	Laboreo (Fmg)			±5%			5,00		

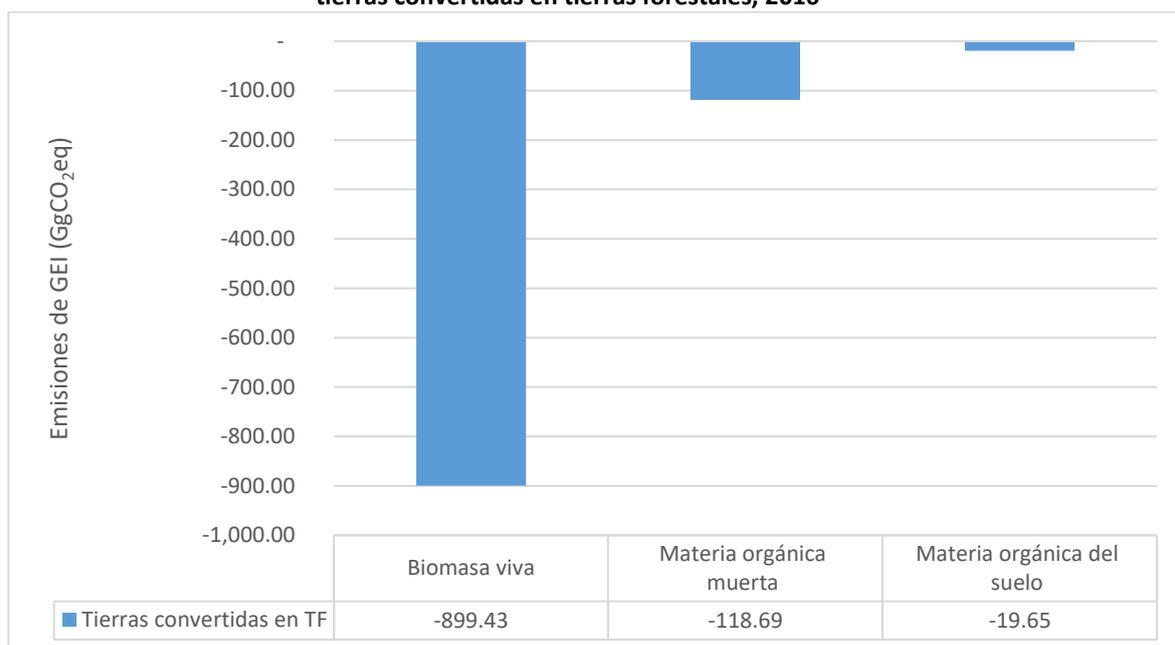
Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019

**6.1.2.5. Análisis de resultados**

En el año 2016, las remociones generadas en tierras convertidas en tierras forestales fueron -1,037.78 GgCO<sub>2</sub>eq, que en términos absolutos representa el 0.95% de las emisiones del sector.

La Figura 19 presenta cómo se encuentran distribuidas las remociones del año 2016 entre los reservorios de carbono, donde el 88.67% (-899.43 GgCO<sub>2</sub>eq) de las emisiones corresponden a los cambios en las existencias de carbono en la biomasa viva (biomasa aérea y subterránea). La materia orgánica muerta representa el 11.44% (-118.69 GgCO<sub>2</sub>eq) y la materia orgánica del suelo representa el 1.89% (-19.65 GgCO<sub>2</sub>eq).

**Figura 19. Distribución de las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> por reservorios de carbono en las tierras convertidas en tierras forestales, 2016**

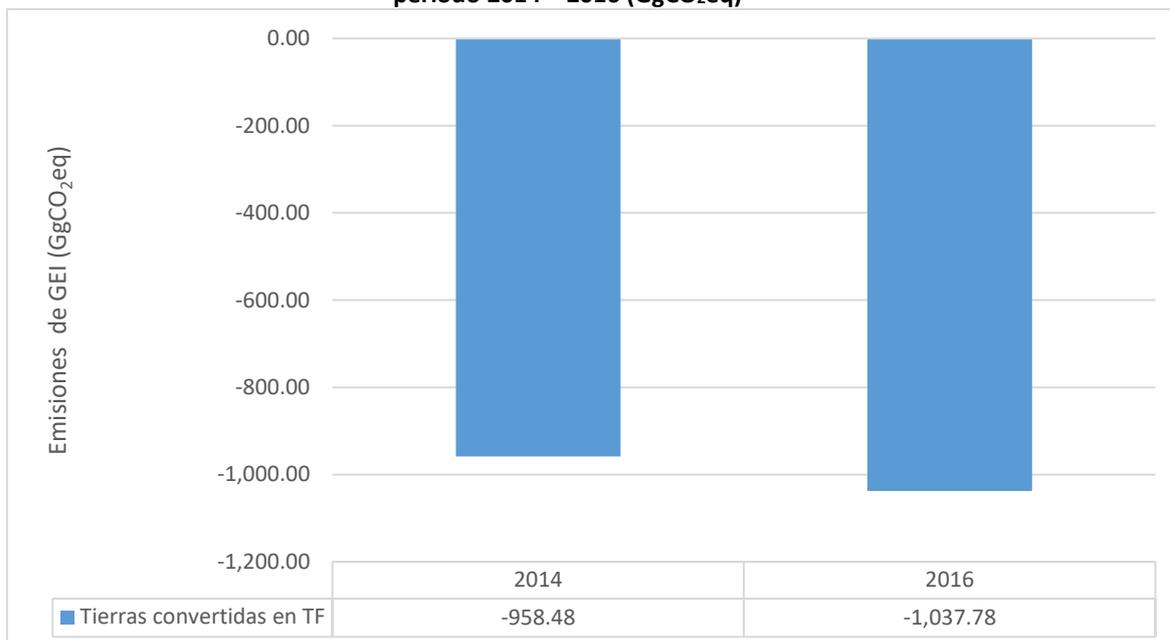


Fuente: Elaboración propia

**6.1.2.6. Actualización de serie temporal**

Respecto a la evolución de las remociones, en la siguiente figura se aprecia que las remociones en el año 2016 aumentaron en un 8.27% respecto al año 2014., tal como se muestra en la Figura 20.

**Figura 20. Cambios en las remociones de GEI de las Tierras convertidas en tierras forestales para el período 2014 – 2016 (GgCO<sub>2</sub>eq)**



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para los años 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994, no se ha reportado emisiones y remociones en esta subcategoría porque éstas han sido incluidas en la categoría tierras forestales que permanecen como tierras forestales.

## 6.2. Tierras de cultivo (3B2)

Esta subcategoría comprende la estimación de las emisiones y remociones de GEI debido a cambios en la biomasa, en la materia orgánica muerta y en el carbono orgánico del suelo en las tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo y las tierras convertidas en tierras de cultivo.

Para el presente RAGEI, las tierras de cultivo, así como las tierras en otros usos, se estratifican de acuerdo con el tipo de bioma: Amazonía, Costa y Sierra.

### 6.2.1. Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo (3B2a)

Las emisiones de GEI en las Tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo comprenden la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo).

#### 6.2.1.1. Método de cálculo

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub>, basadas en los cambios en las existencias de C en cada una de las categorías de uso de la tierra se calculan según la Ecuación 2.3.

**Ecuación 2.3. Cambios en las existencias anuales de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra como la suma de los cambios de todos los depósitos**

$$\Delta C_{LU_i} = \Delta C_{AB} + \Delta C_{BB} + \Delta C_{DW} + \Delta C_{LI} + \Delta C_{SO} + \Delta C_{HWP}$$

Donde:

$\Delta C_{Lui}$  = cambios en las existencias de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra

Los subíndices se refieren a los siguientes depósitos de carbono:

AB = Biomasa aérea

BB = Biomasa subterránea

DW = Madera muerta

LI = Hojarasca

SO = Suelos

PMR = Productos de madera recolectada

Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Capítulo 2. Pág. 2.7. Ecuación 2.3.

A continuación, se describen los cambios en las existencias anuales en los depósitos correspondientes para la categoría analizada.

#### **A. Biomasa**

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

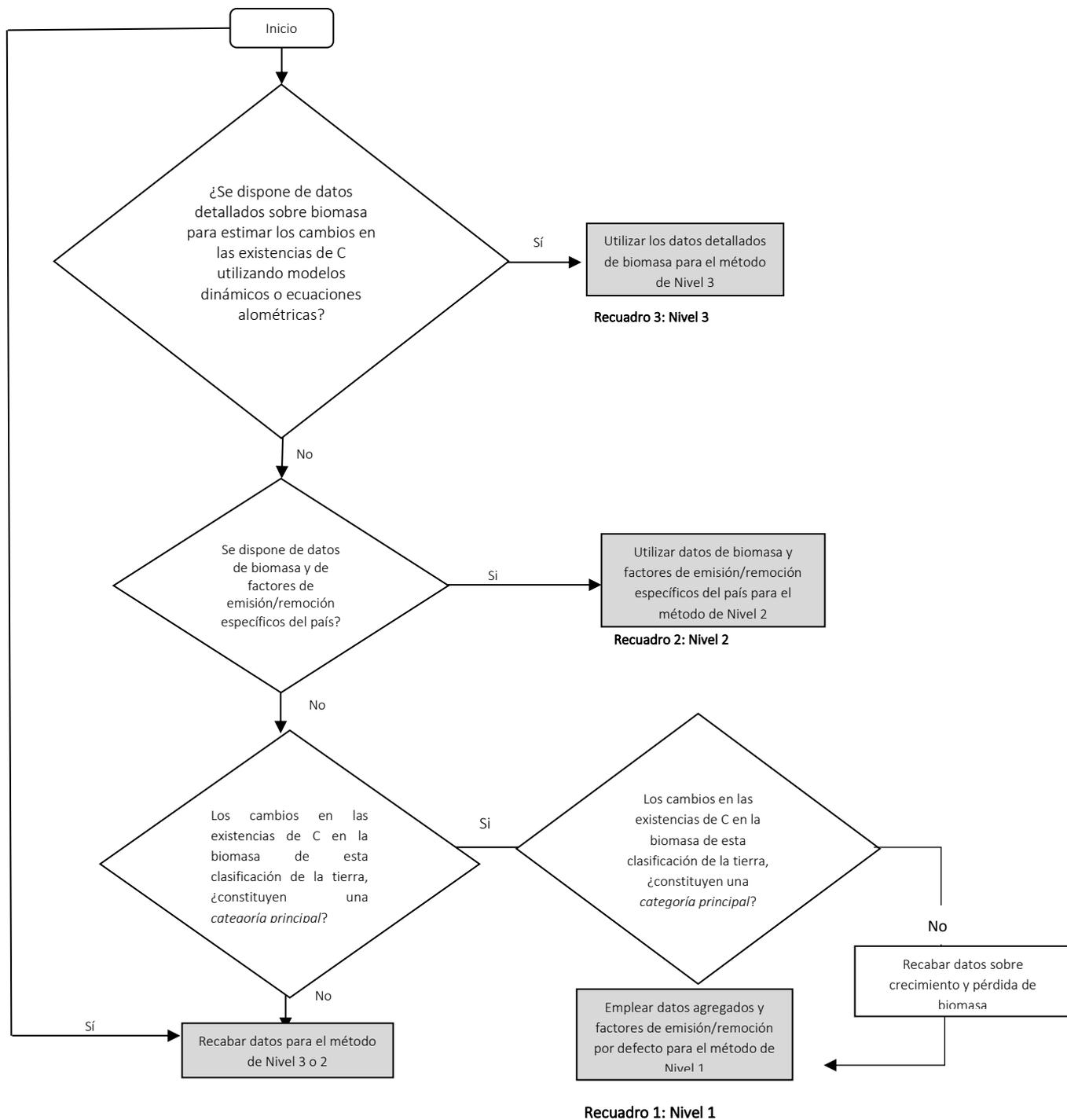
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos de biomasa y factores de emisión y/o remoción específicos del país.

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de biomasa.

La Figura 21 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 21. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en las tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo**



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

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

- No se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1.

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, el cambio en las existencias de carbono en la biomasa en esta categoría se estima solamente para cultivos leñosos perennes, ya que, se asume que en los cultivos anuales el incremento de las existencias de biomasa de cada año equivale a las pérdidas de biomasa producidas por la cosecha y la mortalidad en ese mismo año, por lo cual no hay una acumulación neta de existencias de carbono en biomasa.

La estimación del cambio en las existencias de carbono en la biomasa se realiza aplicando el método de pérdidas y ganancias, que consiste en restar las pérdidas de los incrementos de carbono de la biomasa viva durante el año de notificación utilizando la Ecuación 2.7 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.7. Cambio anual de las existencias de carbono en biomasa (Método de pérdidas y ganancias)**

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

Donde:

$\Delta C_B$  = Cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa, t C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_G$  = Aumento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa, t C año<sup>-1</sup>

$\Delta C_L$  = Reducción anual de las existencias de carbono debido a la pérdida de biomasa, t C año<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.12, Ecuación 2.7

**B. Materia orgánica muerta**

En el método de Nivel 1 se supone que las existencias de madera muerta y hojarasca no existen en las tierras de cultivo o están en equilibrio, como sucede en los sistemas agroforestales y en los huertos. Por lo tanto, no hay necesidad de estimar los cambios en las existencias de carbono de estos depósitos.

**C. Carbono del suelo**

**Suelos minerales**

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

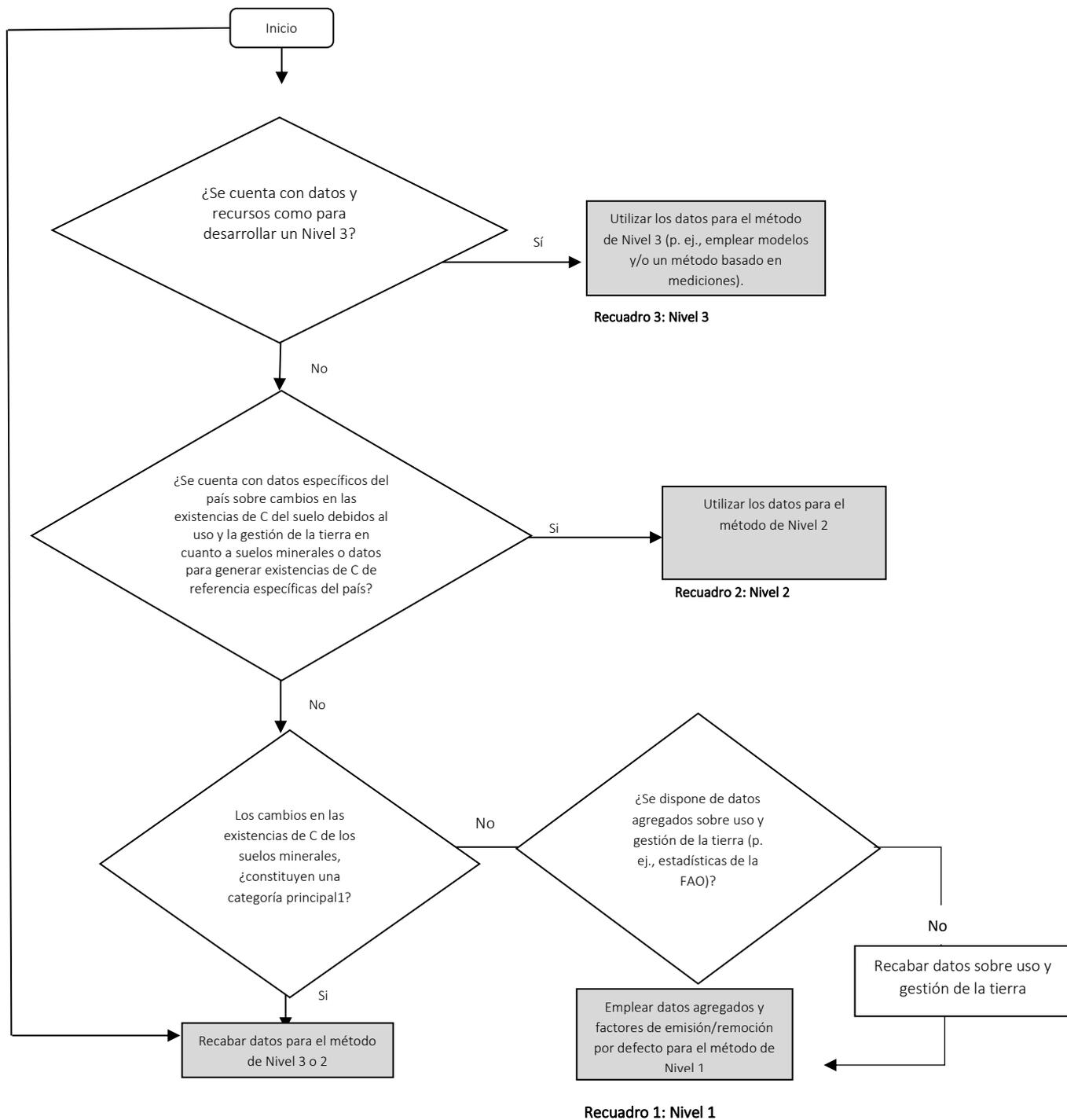
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos específicos del país sobre cambios en las existencias de C del suelo debidos al uso y la gestión de la tierra en cuanto a suelos minerales o datos para generar existencias de C de referencia específicas del país.

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de basados en modelos y/o mediciones.

La Figura 22 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 22. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo**



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

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

- No se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1.

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006 el método de estimación se basa en los cambios de las existencias de C orgánico del suelo durante un período finito, a consecuencia de cambios en la gestión que repercuten sobre el C orgánico del suelo. Se utiliza la Ecuación 2.25 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.25. Cambio anual en las existencias de carbono orgánico en suelos minerales.**

$$\Delta C_{Minerales} = \frac{(SOC_o - SOC_{0-T})}{D}$$

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

(Nota: En esta ecuación, se utiliza T en lugar de D cuando T es  $\geq 20$  años)

Donde:

- $\Delta C_{Minerales}$  = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_o$  = existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_{0-T}$  = existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_o$  y  $SOC(0-T)$  se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de carbono según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)
- T = cantidad de años de un período de inventario dado, año
- D = Dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año. Habitualmente 20 años, pero depende de las hipótesis que se apliquen en el cálculo de los factores FLU, FMG y FI. Si T es mayor que D, úsese el valor de T para obtener la tasa anual de cambio durante el tiempo de inventario (0 – T años).
- c = representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de sistemas de gestión que se dan en un país dado.
- $F_{MG}$  = factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular, sin dimensión
- $F_{LU}$  = factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, sin dimensión
- $F_I$  = factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, sin dimensión

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.34, Ecuación 2.25

**Suelos orgánicos**

No se dispone de información nacional sobre área de suelos forestales orgánicos drenados, por lo que el RAGEI 2016 no incluye las emisiones por este reservorio.

## 6.2.1.2. Datos de actividad

Los datos de actividad de esta subcategoría han sido obtenidos a partir de estadísticas agrarias nacionales brindados por organismos públicos como el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) y que fueron recopilados en el marco del RAGEI UTCUTS 2016.

Las Tabla 35 presenta un resumen de los datos de actividad requeridos y las fuentes de información de donde fueron obtenidos, por cada reservorio de la subcategoría. Asimismo, se indican los reservorios que no fueron estimados en el presente inventario y el motivo de su no inclusión.

Tabla 35. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
			Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
Biomasa Viva	Cambios de las existencias de carbono en biomasa	Incremento anual de existencias de carbono de biomasa (biomasa aérea)	Superficie cultivada de cultivos con leñosas perennes (ha)	Superficie instalada de cultivos perennes por regiones (ha)	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas (2020). Enviado mediante E-mail N° 21-2020-MINAGRI-DGESEP/DEA-AD de fecha 01 de octubre de 2020.	La superficie cultivada incluye a las superficies sembradas, en crecimiento y en producción. Para este reporte, no fue posible vincular las superficies con las áreas de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra.
Materia orgánica muerta	Cambios de las existencias de carbono en materia orgánica muerta	Cambio anual en las existencias de carbono de la materia orgánica muerta (incluye madera muerta y hojarasca)	En el método de Nivel 1 se supone que las existencias de madera muerta y hojarasca no existen en las tierras de cultivo o están en equilibrio			
Carbono orgánico del suelo	Cambios de las existencias de carbono de los suelos	Cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales	Superficie de tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo (ha)	Superficie de tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo (ha) – Acumulado 20 años	Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.	El PNCBMCC genera información para entender las trayectorias en el uso de la tierra. El módulo cuenta con información espacial para los periodos: 1995-2000, 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013, 2013-2016. Estos mapas son la información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el bioma Amazonía de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC. Asimismo, a partir de la información base, se construyó un modelo histórico para la

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
			Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
						reconstrucción de la serie histórica comprendida entre 1975 y 1995.
					<i>European Space Agency</i>	La información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en los biomas de Costa y Sierra fue la información satelital descargada de la <i>European Space Agency</i> para los periodos 1994-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2012, 2012-2014, 2014 2016 y 2016-2014. Toda la información espacial descargada fue re proyectada y ajustada al territorio nacional y los límites de los biomas Costa y Sierra. Asimismo, se reclasificó la leyenda de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC.
		Pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados	No se dispone de información nacional sobre área de suelos orgánicos drenados			

Fuente: Elaboración propia

En el RAGEI 2016, el incremento anual de las existencias de carbono en biomasa se calculó en los cultivos leñosos perennes. Las estadísticas nacionales hacen referencia a la superficie “verde” o instalada de dichos cultivos, donde se incluye las áreas instaladas recientemente, las que están en crecimiento y aquellas que se encuentran en producción.

En cuanto a la superficie recolectada o eliminada de cultivos perennes, se hace referencia a las áreas que son eliminadas por diferentes factores: cambio de cultivo, pérdidas por plagas, pérdidas por condiciones climatológicas extremas, entre otras razones. La estadística agraria nacional no contabiliza a precisión las áreas perdidas cada año, dado que las diferencias entre año y año también pueden deberse al abandono (o no cosecha) del cultivo perenne, sin que eso conlleve a la eliminación de su biomasa.

Para el presente RAGEI, se ha estimado la superficie de pérdida en base a dos parámetros: i) el área instalada de cultivos perennes del año anterior al año inventario, y ii) la tasa de madurez/cosecha, por defecto propuesta por las Directrices del IPCC de 2006, con la cual, se asume que se pierde anualmente una fracción de la superficie total del año previo, producto de la cosecha o madurez del cultivo.

En la Tabla 36 se presentan las especies consideradas y la superficie que ocupan al año 2016 y 2015. A partir de la información compartida por MIDAGRI, se consultaron las fichas técnicas disponibles de cada cultivo (varias fuentes), a fin de estratificar la lista en cultivos por tipo de bioma.

**Tabla 36. Superficie instalada de cultivos perennes por región**

Región	Cultivos	Superficie verde o instalada 2015 (ha)	Superficie verde o instalada 2016 (ha)
Amazonía	Achiote	11,102.60	11,313.55
	Aguaje	6,201.00	6,325.00
	Anona	744.98	766.97
	Araza	326.75	323.75
	Árbol de pan	584.99	589.99
	Cacao	162,758.90	178,681.06
	Café	469,028.19	473,181.70
	Caimito	1,222.50	1,227.50
	Camu-camu	8,656.99	8,332.99
	Coco	3,084.65	2,777.95
	Cocona	3,861.11	4,212.31
	Copoazu	718.50	748.49
	Guanábana	1,047.40	1,131.00
	Guayaba	1,423.50	1,477.49
	Humari	1,609.00	1,610.00
	Limón dulce	21,156.64	654.60
	Marañón	895.98	920.97
	Naranja	35,295.35	34,981.97
	Nogal	84.10	82.25
	Noni	87.00	117.00
	Pacae o guabo	12,891.97	10,248.80
Palma aceitera	85,902.90	90,419.90	
Pijuayo	5,989.73	6,038.73	
Pimienta	162.00	133.01	
Piñón blanco	221.00	41.50	

Región	Cultivos	Superficie verde o instalada 2015 (ha)	Superficie verde o instalada 2016 (ha)
	Pomarrosa	298.00	294.00
	Sacha inchi	1,785.70	1,858.45
	Taperiba	1,213.00	1,265.24
	Te	232.99	2,098.99
	Ungurahui	994.00	1,064.00
	Zapote	1,293.29	1,290.29
<b>TOTAL</b>		<b>840,874.68</b>	<b>844,209.42</b>
Sierra	Capulí	228.75	234.75
	Cerezo	12.00	12.00
	Chirimoya	4,973.34	4,907.84
	Damasco	62.00	62.00
	Guinda	226.00	240.00
	Lima	1,772.70	1,894.70
	Limón sutil o ácido	5,930.92	26,831.08
	Lúcuma	1,637.33	1,640.83
	Mandarina	18,687.11	20,130.12
	Manzana	11,425.98	11,304.92
	Melocotón	6,827.97	6,855.17
	Membrillo	1,045.49	1,256.79
	Níspero	451.77	452.93
	Pera	610.16	629.16
	Sauco o Arrayán	75.54	88.64
	Tangelo	5,606.17	5,594.15
Tara	7,598.00	7,727.50	
Toronja	1,026.15	1,033.65	
<b>TOTAL</b>		<b>68,197.38</b>	<b>90,896.23</b>
Costa	Aceituna	23,990.20	25,096.20
	Cirolero	231.25	237.50
	Ciruela	1,740.95	1,758.95
	Dátil	145.25	146.25
	Granada	2,868.07	2,962.57
	Higo	608.90	657.90
	Mamey	234.55	234.55
	Mango	33,274.17	32,194.05
	Palta	50,390.06	55,445.64
	Pecana	1,853.48	2,143.73
	Tamarindo	667.55	677.55
<b>TOTAL</b>		<b>116,004.43</b>	<b>121,554.89</b>

Fuente: MIDAGRI, 2020

Para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la materia orgánica muerta, la Tabla 37 presenta la superficie de tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo (ha) acumulado durante el periodo 1997 – 2016.

Tabla 37. Superficie de tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo.

Categoría de Uso de la Tierra		Categoría de Uso de la Tierra	Superficie (ha)
Uso Inicial de la tierra	Uso Inicial de la tierra		
TC	TC	Amazonía	589,488.01
		Costa	1,398,150.81
		Sierra	3,723,826.14
TOTAL			5,711,464.96

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.1.3. Factores de emisión y conversión

#### A. Factores de emisión

Las Directrices del IPCC de 2006 brindan factores de emisión por defecto para todos los parámetros evaluados. La Tabla 38 brinda el detalle de los factores de emisión utilizados para los cálculos de variación de carbono en el reservorio de biomasa viva.

Tabla 38. Factores de emisión empleados para estimar ganancias y pérdidas de carbono del reservorio de biomasa viva

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Tasa de acumulación de biomasa en cultivos perennes para región tropical húmedo	2.6	t C/ha/año	Este valor fue aplicado para estimar los incrementos de biomasa en cultivos perennes de Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.1. Pág. 5.10.
Ciclo Cosecha/ Madurez para región tropical húmedo	8	año	Este valor fue aplicado para estimar las pérdidas de biomasa en cultivos perennes de Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.1. Pág. 5.10.
Pérdida de carbono de la biomasa para región tropical húmedo	21	t C/ha/año	Este valor fue aplicado para estimar las pérdidas de biomasa en cultivos perennes de Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.1. Pág. 5.10.
Tasa de acumulación de biomasa en cultivos perennes para región templada	2.1	t C/ha/año	Este valor fue aplicado para estimar los incrementos de biomasa en cultivos perennes de Costa y Sierra	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.1. Pág. 5.10.
Ciclo Cosecha/ Madurez para región templada	30	año	Este valor fue aplicado para estimar las pérdidas de biomasa en	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.1. Pág. 5.10.

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
			cultivos perennes de Costa y Sierra	
Pérdida de carbono de la biomasa para región templada	63	t C/ha/año	Este valor fue aplicado para estimar las pérdidas de biomasa en cultivos perennes de Costa y Sierra	Directrices del IPCC de 2006. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.1. Pág. 5.10.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006

Los factores de emisión para estimar las emisiones y remociones en el carbono orgánico del suelo se muestran en la Tabla 39.

**Tabla 39 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo.**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos AAA, región tropical húmeda	40	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.5.
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos ABA, región tropical húmeda	38	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.5.
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos de humedal, región tropical húmeda	68	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.5.
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos AAA, región tropical seca	21	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.5.
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos arenosos, región tropical seca	9	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.5.
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos AAA, región montañoso tropical	51	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Sierra	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*. Volumen 4. Capítulo 2. Cuadro 2.5.

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Factores por defecto de variación de las reservas: FLU, FMG, FI para tierras de cultivo	0.83, 1.10, 0.92	Sin dimensión	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadro 5.10.
Factores por defecto de variación de las reservas: FLU, FMG, FI para pastizales	1.00, 1.00, 1.00	Sin dimensión	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*. Volumen 4. Capítulo 6. Cuadro 6.2.

\* Se emplearon factores de emisión de las Directrices de 2006 revisadas de 2019, por considerarse más adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019

#### 6.2.1.4. Análisis de Incertidumbre

La incertidumbre de los datos de actividad de la categoría tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo estuvo basada en valores por defecto de las OBP2003. Mientras que, para la incertidumbre de los factores de emisión, se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019.

El valor resultante de la incertidumbre combinada es de 79,06%. La Tabla 40 muestra los valores de incertidumbre combinada para esta categoría.

**Tabla 40. Incertidumbre de las emisiones de CO<sub>2</sub> para la categoría tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo.**

Código de categorías de fuentes 2006	Categorías de fuentes y sumideros	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{(E^2+F^2)}$
			%	%	%
3.B.2.a	TC que permanecen como TC	CO <sub>2</sub>	25,00	75,00	79,06

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 41 presenta a continuación los valores de las incertidumbres de los datos de actividad de la categoría tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo.

**Tabla 41. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo.**

Incertidumbre de los datos de actividad				
Parámetro	Límite inferior (%)	Límite superior (%)	Valor a utilizar (%)	Fuente
Superficie cultivada de cultivos con leñosas perennes	-25,00	25	25	Promedio de data experto, proveniente del RAGEI USCUS 2014
Superficie anual perdida de cultivos perennes en tierras de cultivo				

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 42 presenta los valores de las incertidumbres de los factores de emisión de la categoría tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo.

**Tabla 42. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la categoría tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo**

Incertidumbre de los factores de emisión				
Parámetro	Límite inferior (%)	Límite superior (%)	Valor a utilizar (%)	Fuente
Tasa de acumulación de biomasa (t C/ha/año) "Región climática templado y tropical"	-75	75	75	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.5. Cuadro 5.1. Pág. 5.10
Pérdida de carbono de la biomasa (t C/ha) "Región climática templado y tropical"				Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.5. Cuadro 5.1. Pág. 5.10

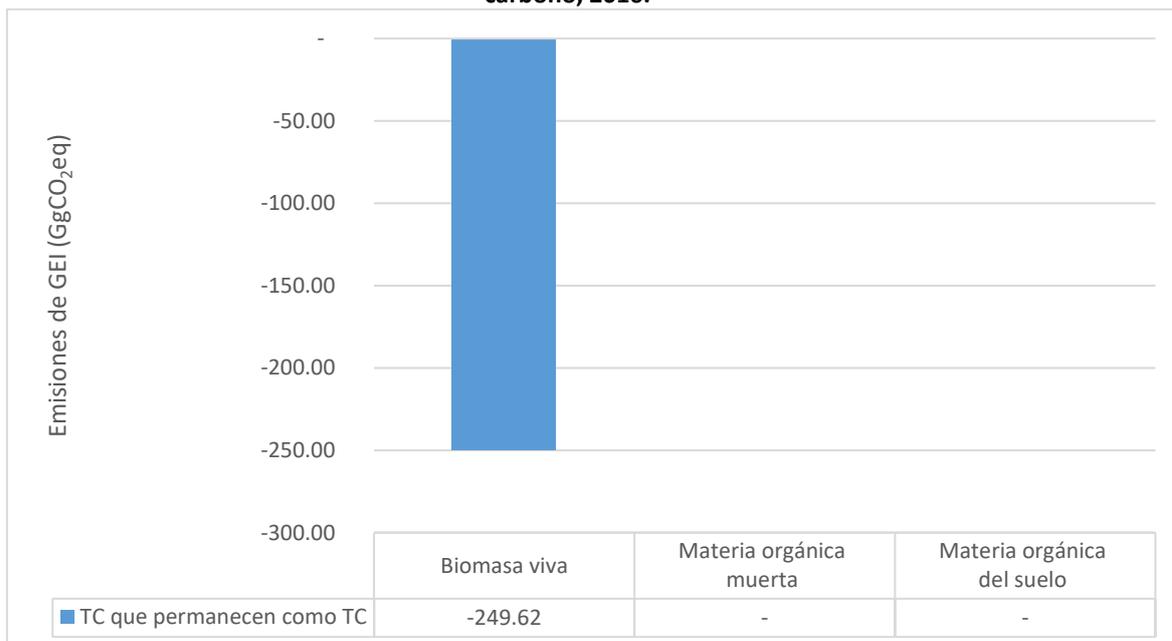
Fuente: Directrices del IPCC de 2006

### 6.2.1.5. Análisis de resultados

En el año 2016, las remociones netas generadas en tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo fueron -249.62 GgCO<sub>2</sub>eq, que, en términos absolutos, representa el 0.23% de las emisiones del sector.

La Figura 23 presenta cómo se encuentran distribuidas las remociones del año 2016 entre los reservorios de carbono, donde el 100.00%, de las remociones corresponden a los cambios en las existencias de carbono en la biomasa viva (biomasa aérea y subterránea). Cabe señalar, que debido a la aplicación del método de cálculo Nivel 1, se asume que los cambios en existencias de materia orgánica muerta y materia orgánica del suelo se encuentran en equilibrio, por lo tanto, son nulos.

**Figura 23. Emisiones en tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo por reservorio de carbono, 2016.**

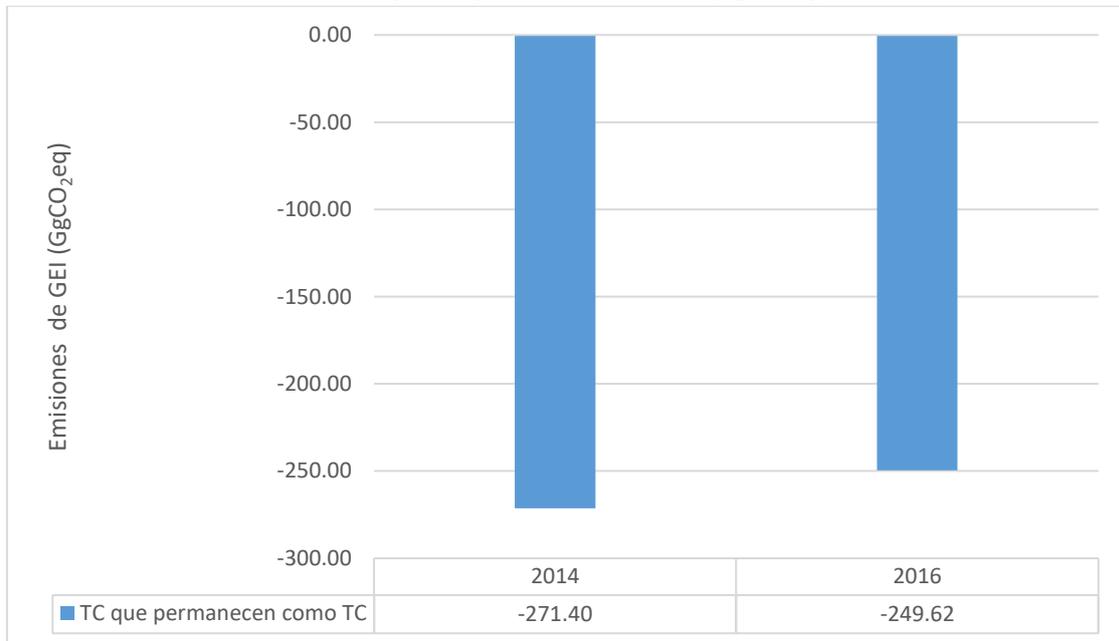


Fuente: Elaboración propia

## 6.2.1.6. Actualización de serie temporal

Respecto a la evolución de las remociones, en Figura 24 se aprecia que las remociones en el año 2016 se incrementaron en un 8.03% respecto al año 2014.

**Figura 24. Cambios en las emisiones de GEI de las tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo para el período 2014 – 2016 (GgCO<sub>2</sub>eq)**

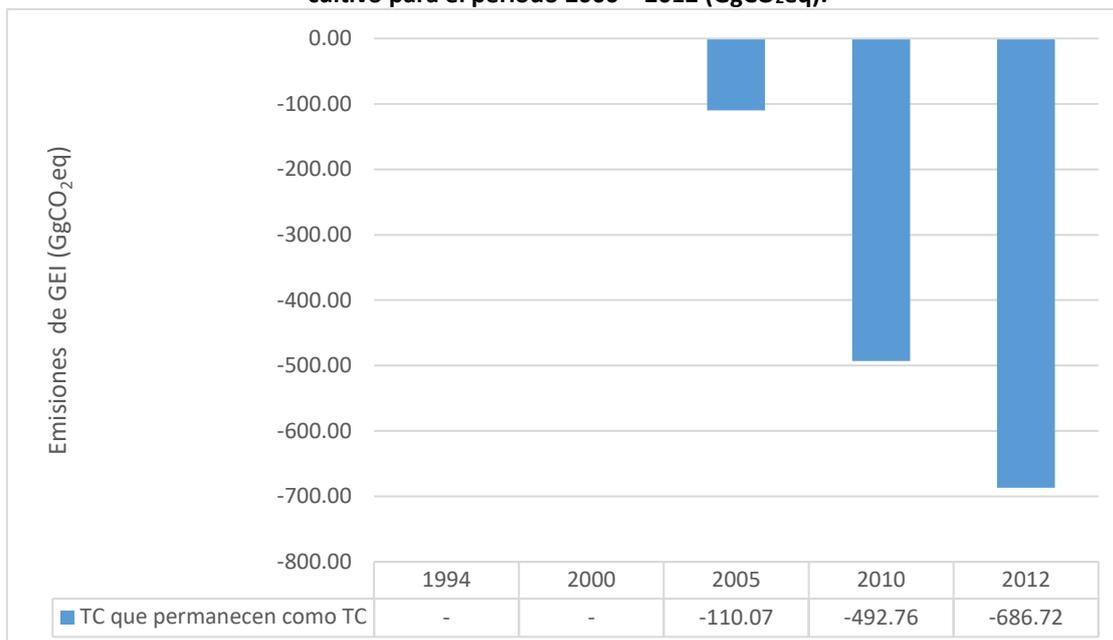


Fuente: Elaboración propia

Respecto a la evolución de los resultados, en el gráfico se aprecia que, en términos absolutos, las emisiones de esta subcategoría aumentaron en 8.03% respecto al año 2014

Por otro lado, la Figura 25, presenta los resultados de las remociones de los años 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994, siendo el 2012 (-686.72 GgCO<sub>2</sub>eq) el año con mayores remociones dentro del periodo analizado.

**Figura 25. Evolución de emisiones de GEI de las tierras de cultivo que permanecen como tierras de cultivo para el período 2000 – 2012 (GgCO<sub>2</sub>eq).**



Fuente: Elaboración propia

### 6.2.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo (3B2b)

Las emisiones de GEI en las tierras convertidas en tierras de cultivo comprenden la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo).

#### 6.2.2.1. Método de cálculo

##### A. Biomasa

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

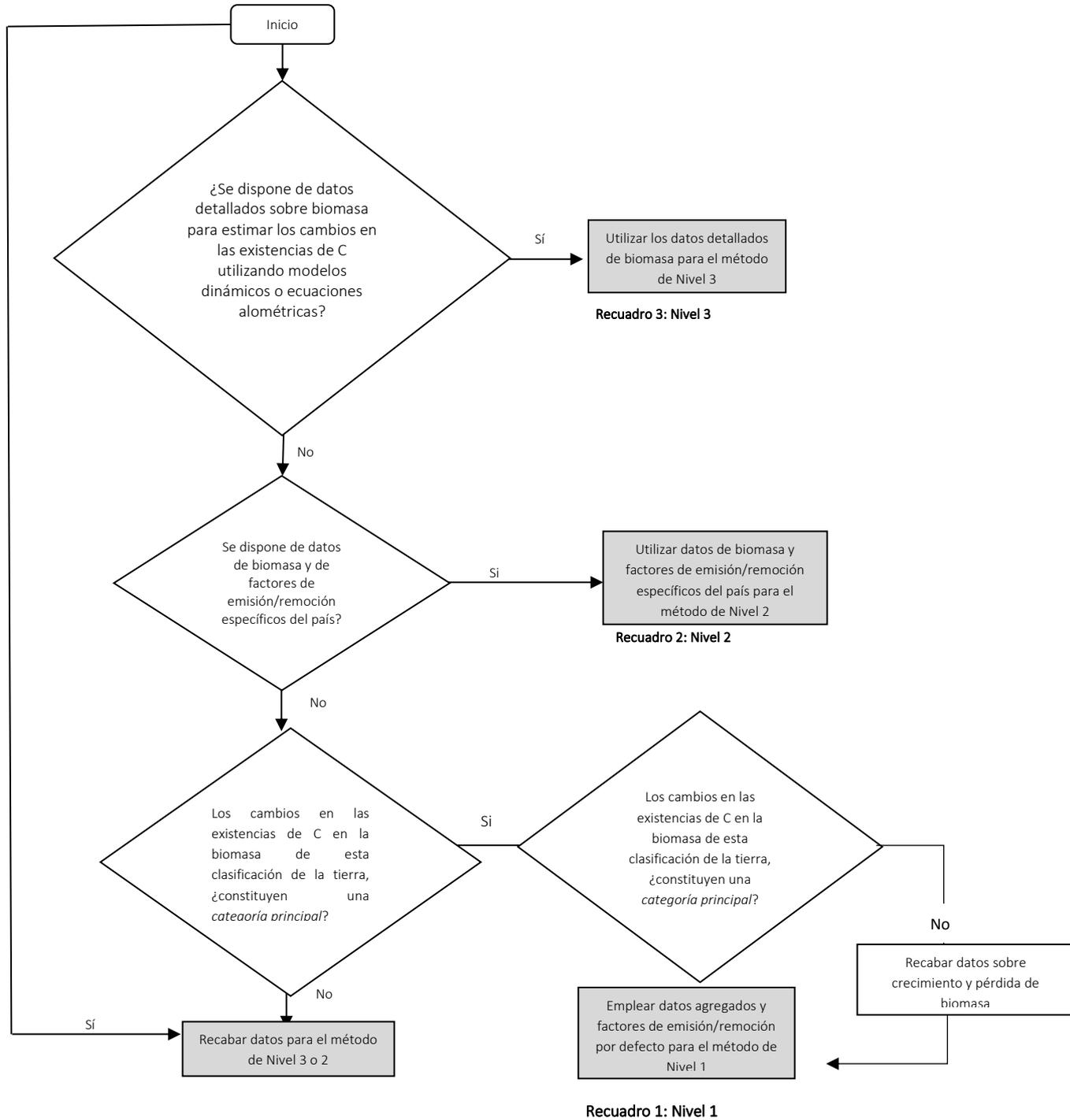
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos de biomasa y factores de emisión y/o remoción específicos del país.

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de biomasa.

La Figura 26 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en una categoría de uso de la tierra.

Figura 26. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en tierras de cultivo.



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

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

- Se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en tierras de cultivo, se realizan aplicando una combinación del Nivel 1 y Nivel 2, dependiendo de la disponibilidad de información nacional.

La estimación del cambio en las existencias de carbono en la biomasa se realiza aplicando la Ecuación 2.15 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.15. Cambio anual en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra**

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSIÓN} + \Delta C_L$$

Donde:

- $\Delta C_B$  = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_G$  = incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_{CONVERSIÓN}$  = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra
- $\Delta C_L$  = reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, t C año<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.22, Ecuación 2.15

La ecuación utilizada para estimar el incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa viva es la ecuación 2.16 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.16. Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra**

$$\Delta C_{CONVERSIÓN} = \sum_i \{ (B_{DESPUES_i} - B_{ANTES_i}) \times \Delta A_{A_OTRAS} \} \times CF$$

Donde:

- $\Delta C_{CONVERSIÓN}$  = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas en otra categoría de tierra, t C año<sup>-1</sup>
- $B_{DESPUES}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra *i* después de la conversión, t m.s. ha<sup>-1</sup>
- $B_{ANTES}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra *i* antes de la conversión, t m.s. ha<sup>-1</sup>
- $\Delta A_{A_OTRAS}$  = superficie de uso de la tierra *i* convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado, ha año<sup>-1</sup>
- $CF$  = fracción de carbono de materia seca, t C (t m.s.)<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.22, Ecuación 2.16

**B. Materia orgánica muerta**

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

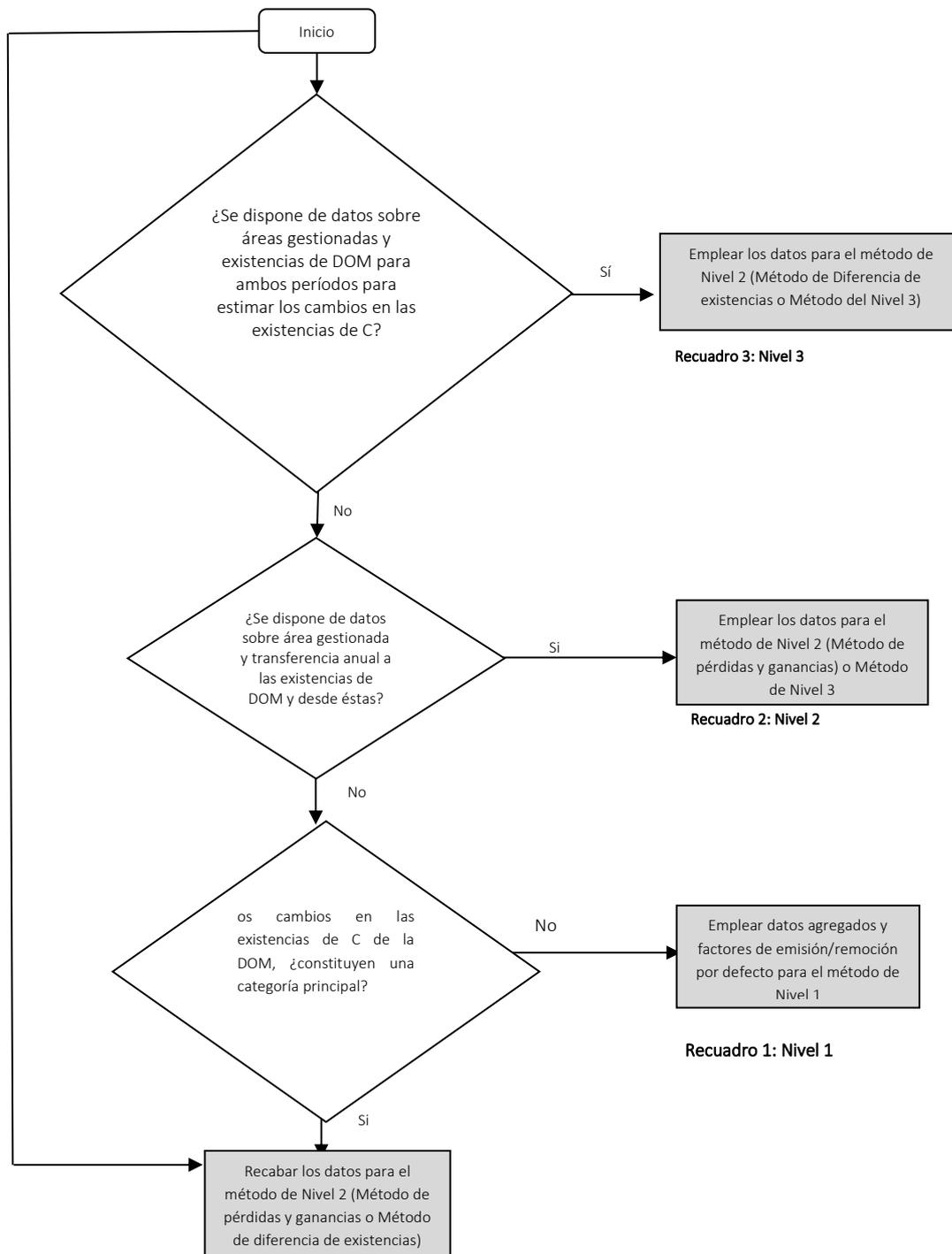
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos sobre transferencia anual y factores de emisión y/o remoción específicos del país.

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de existencias de MOM.

La Figura 27 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 27. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en tierras convertidas en tierras de cultivo.**



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

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

- No se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en tierras convertidas en tierras de cultivo, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1.

La Ecuación 2.23 de las Directrices del IPCC de 2006, resume el cálculo para estimar los cambios anuales de las existencias de carbono en depósitos de materia orgánica muerta.

**Ecuación 2.23. Cambio anual en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca debido a la conversión en el uso de la tierra**

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_o - C_n) \times A_{on}}{T_{on}}$$

Donde:

- $\Delta C_{DOM}$  = cambio en las existencias anuales de carbono en madera muerta u hojarasca, t C año<sup>-1</sup>
- $C_o$  = cambio en las existencias de carbono de la madera muerta, t C año<sup>-1</sup>
- $C_n$  = cambio en las existencias de carbono de la hojarasca, t C año<sup>-1</sup>
- $A_{on}$  = superficie sometida a la conversión de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, ha
- $T_{on}$  = lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, año. El valor por defecto del Nivel 1 es de 20 años para los incrementos de existencias de carbono y de 1 año para las pérdidas de carbono.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.29, Ecuación 2.23

**C. Carbono del suelo**

**Suelos minerales**

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

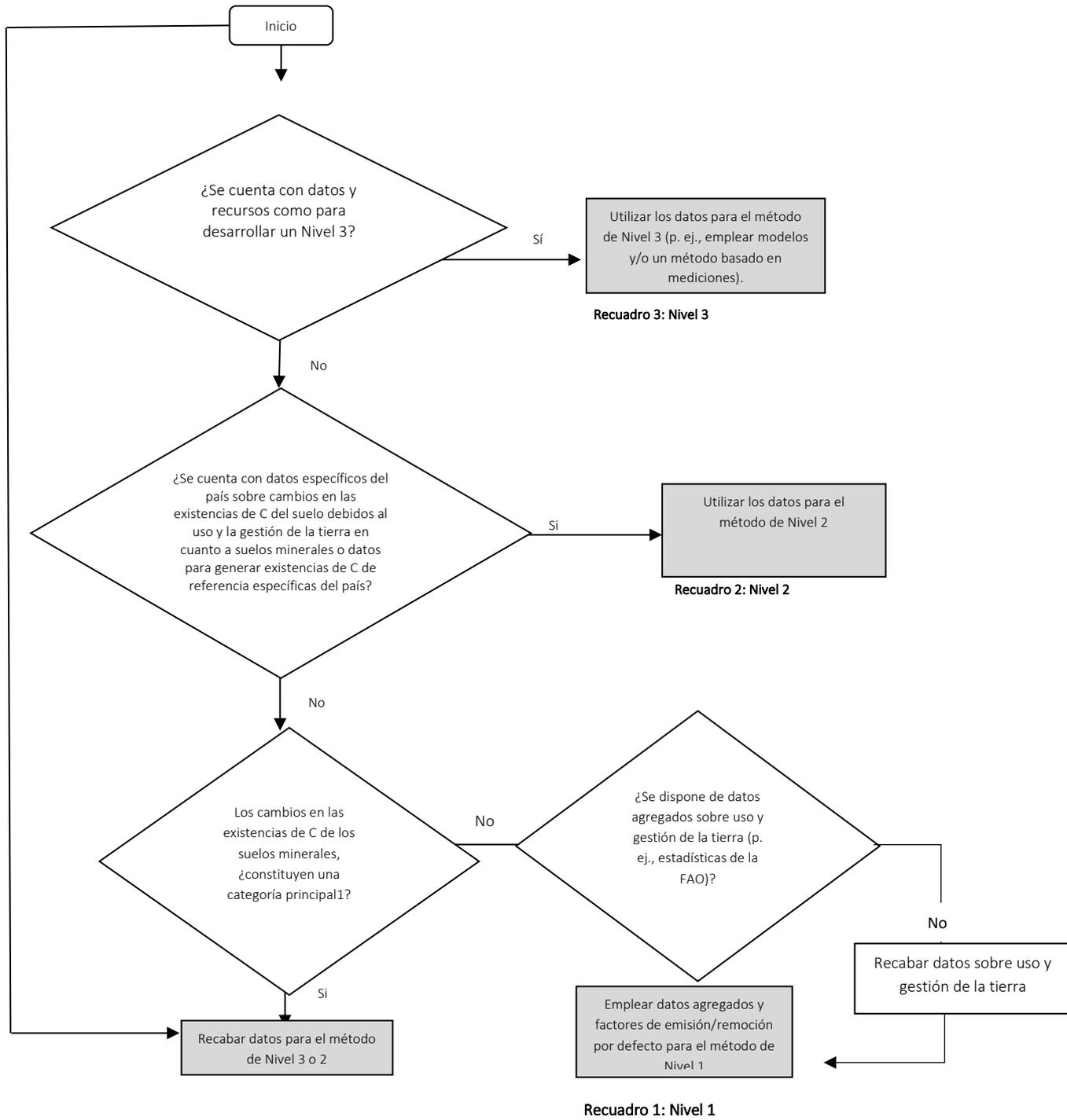
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos específicos del país sobre cambios en las existencias de C del suelo debidos al uso y la gestión de la tierra en cuanto a suelos minerales o datos para generar existencias de C de referencia específicas del país

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de basados en modelos y/o mediciones.

La Figura 28 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 28. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en tierras de cultivo.**



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

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

- No se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en tierras de cultivo, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1.

**Ecuación 2.25. Cambio anual en las existencias de carbono orgánico en suelos minerales**

$$\Delta C_{Minerales} = \frac{(SOC_o - SOC_{0-T})}{D}$$

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

(Nota: En esta ecuación, se utiliza T en lugar de D cuando T es  $\geq 20$  años)

Donde:

- $\Delta C_{Minerales}$  = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_o$  = existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_{0-T}$  = existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_0$  y  $SOC(0-T)$  se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de carbono según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)
- T = cantidad de años de un período de inventario dado, año
- D = Dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año. Habitualmente 20 años, pero depende de las hipótesis que se apliquen en el cálculo de los factores FLU, FMG y FI. Si T es mayor que D, úsese el valor de T para obtener la tasa anual de cambio durante el tiempo de inventario (0 – T años).
- c = representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de sistemas de gestión que se dan en un país dado.
- $F_{MG}$  = factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular, sin dimensión
- $F_{LU}$  = factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, sin dimensión
- $F_I$  = factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, sin dimensión

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.34, Ecuación 2.25

## ***Suelos orgánicos***

No se dispone de información nacional sobre área de suelos forestales orgánicos drenados, por lo que el RAGEI 2016 no incluye las emisiones por este reservorio.

### **6.2.2.2. Datos de actividad**

Los datos de actividad de esta subcategoría han sido obtenidos a partir de dos insumos: las matrices de uso y cambio de uso de tierras entre dos inventarios consecutivos, y las matrices de uso y cambio de uso de tierras que consideran un periodo de transición de 20 años para los biomas Amazonia, Costa y Sierra.

La Tabla 43 presenta un resumen de los datos de actividad requeridos y las fuentes de información de donde fueron obtenidos, por cada reservorio de la subcategoría. Asimismo, se indican los reservorios que no fueron estimados en el presente reporte y el motivo de su no inclusión.

**Tabla 43. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en Tierras convertidas en tierras de cultivo**

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
			Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
Biomasa Viva	Cambios de las existencias de carbono de los suelos en la biomasa viva	Cambio anual en las existencias de carbono en biomasa	Superficie bajo conversión hacia una nueva categoría de uso de suelo	Superficie anual de tierras convertidas en tierras de cultivo (ha)	Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.	El PNCBMCC genera información para entender las trayectorias en el uso de la tierra. El módulo cuenta con información espacial para los periodos: 1995-2000, 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013, 2013-2016. Estos mapas son la información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el bioma Amazonía de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC. Asimismo, a partir de la información base, se construyó un modelo histórico para la reconstrucción de la serie histórica comprendida entre 1975 y 1995.
					European Space Agency	La información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en los biomas de Costa y Sierra fue la información satelital descargada de la <i>European Space Agency</i> para los periodos 1994-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2012, 2012-2014, 2014 2016 y 2016-2014. Toda la información espacial descargada fue re proyectada y ajustada al territorio nacional y los límites de los biomas Costa y Sierra. Asimismo, se reclasificó la leyenda de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC.

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
			Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
Materia orgánica muerta	Cambios de las existencias de carbono en materia orgánica muerta	Cambio anual en las existencias de carbono de la materia orgánica muerta (incluye madera muerta y hojarasca)	Superficie bajo conversión hacia una nueva categoría de uso de suelo	Superficie anual de tierras convertidas en tierras de cultivo (ha)	<p>Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.</p>	<p>El PNCBMCC genera información para entender las trayectorias en el uso de la tierra. El módulo cuenta con información espacial para los periodos: 1995-2000, 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013, 2013-2016. Estos mapas son la información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el bioma Amazonía de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC. Asimismo, a partir de la información base, se construyó un modelo histórico para la reconstrucción de la serie histórica comprendida entre 1975 y 1995.</p>
					<p><i>European Space Agency</i></p>	<p>La información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en los biomas de Costa y Sierra fue la información satelital descargada de la <i>European Space Agency</i> para los periodos 1994-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2012, 2012-2014, 2014 2016 y 2016-2014. Toda la información espacial descargada fue re proyectada y ajustada al territorio nacional y los límites de los biomas Costa y Sierra. Asimismo, se reclasificó la leyenda de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC.</p>

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
			Datos de actividad IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
Carbono orgánico del suelo	Cambios de las existencias de carbono de los suelos	Cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales	Superficie bajo conversión hacia una nueva categoría de uso de suelo	Superficie de tierras convertidas en tierras de cultivo (ha) – Acumulada en 20 años	<p>Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.</p>	<p>El PNCBMCC genera información para entender las trayectorias en el uso de la tierra. El módulo cuenta con información espacial para los periodos: 1995-2000, 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013, 2013-2016. Estos mapas son la información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el bioma Amazonía de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC. Asimismo, a partir de la información base, se construyó un modelo histórico para la reconstrucción de la serie histórica comprendida entre 1975 y 1995.</p>
					<p><i>European Space Agency</i></p>	<p>La información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en los biomas de Costa y Sierra fue la información satelital descargada de la <i>European Space Agency</i> para los periodos 1994-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2012, 2012-2014, 2014 2016 y 2016-2014. Toda la información espacial descargada fue re proyectada y ajustada al territorio nacional y los límites de los biomas Costa y Sierra. Asimismo, se reclasificó la leyenda de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC.</p>
		Pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados				

Fuente: Elaboración propia

Los principales datos de actividad provienen de la matriz de uso y cambio de uso de la tierra, elaborada para los biomas Amazonía, Costa y Sierra.

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, para la estimación de las emisiones/remociones de Carbono Orgánico del Suelo todos los niveles requieren información sobre áreas convertidas en Tierras de cultivo durante los 20 años anteriores al año del inventario (valor por defecto). Por otro lado, para estimar los otros reservorios. (BV y MOM), se requieren las superficies anuales de tierras convertidas en tierras de cultivo.

La superficie de Tierras convertidas en tierras de cultivo en los biomas de Amazonía, Costa y Sierra se presenta en la Tabla 44.

**Tabla 44. Superficie de tierras convertidas en tierras de cultivo, 1997 – 2016.**

Categoría de Uso de la Tierra		Categoría de Uso de la Tierra	Superficie (ha) Uso Inicial de la tierra
Uso Inicial de la tierra	Uso Inicial de la tierra		
TF	TC	Amazonía	819,598.70
		Costa	8,038.80
		Sierra	6,915.29
Subtotal			834.552,78
P	TC	Amazonía	481,397.63
		Costa	5,830.29
		Sierra	152,001.81
Subtotal			639,229.73
H	TC	Amazonía	3,219.70
		Costa	-
		Sierra	747.72
Subtotal			3,967.42
A	TC	Amazonía	434.52
		Costa	-
		Sierra	-
Subtotal			434.52
OT	TC	Amazonía	352.08
		Costa	938.07
		Sierra	4,044.38
Subtotal			5,334.53
TOTAL			1,483,518.98

Fuente: Elaboración propia

**6.2.2.3. Factores de emisión y conversión**

**A. Factores de emisión**

Las Directrices del IPCC de 2006 brindan factores de emisión por defecto para todos los parámetros evaluados. La Tabla 45 brinda el detalle de los factores de emisión utilizados para los cálculos de variación de carbono en el reservorio de biomasa viva.

**Tabla 45 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio biomasa viva.**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Tierra forestal. Promedio ponderado de cuatro ecozonas de la Amazonía.	309.35	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa aérea de TF por conversión a TA	MIDAGRI - SERFOR 2019
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Tierra forestal. Costa	21.87	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa aérea de TF por conversión a TA	MIDAGRI - SERFOR 2019
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Tierra forestal. Sierra	52.87	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa aérea de TF por conversión a TA	MIDAGRI - SERFOR 2019
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Pastizales, clima tropical húmedo y muy húmedo	16.10	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa viva de P por conversión a TA en Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 6, cuadro 6.4
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Pastizales, clima tropical seco	8.70	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa viva de P por conversión a TA en Costa y Sierra	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 6, cuadro 6.4
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Asentamientos, Humedales y Otras Tierras	0.00	t m.s./ha	Valor por defecto referido en las guías.	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 6, cuadro 6.4
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (t C / t m.s.)	0.47	t C/ t m.s.	Este valor fue aplicado para usado para todas las estimaciones de pérdidas y ganancias de la biomasa	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 4, cuadro 4.3

Fuente: SERFOR 2019, Directrices del IPCC de 2006

La Tabla 456 brinda el detalle de los factores de emisión utilizados para los cálculos de variación de carbono en el reservorio de materia orgánica muerta.

**Tabla 46 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio materia orgánica muerta.**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Existencias de carbono en hojarasca y madera muerta para Bosque tropical húmedo	2.40 9.00	t C./ ha	La suma de estos valores fue aplicada para estimar las existencias de materia orgánica muerta (MOM) en bosques del bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.2
Existencias de carbono en hojarasca y madera muerta para Bosque tropical seco	n.d. 3.30	t C./ ha	Este valor fue aplicado para estimar las existencias de MOM en bosques del bioma Costa.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.2
Existencias de carbono en hojarasca y madera muerta para Sistemas montañosos tropicales	5.90 8.00	t C./ ha	La suma de estos valores fue aplicada para estimar las existencias de materia orgánica muerta (MOM) en bosques del bioma Sierra	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.2

\* Se emplearon factores de emisión de las Directrices de 2006 revisadas de 2019, por considerarse más adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019

La Tabla 47 brinda el detalle de los factores de emisión utilizados para los cálculos de variación de carbono en el reservorio de carbono orgánico el suelo.

**Tabla 47 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo.**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos AAA, región tropical húmeda	40	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos ABA, región tropical húmeda	38	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos de humedal, región tropical húmeda	68	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos AAA, región tropical seca	21	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos arenosos, región tropical seca	9	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos AAA, región montañoso tropical	51	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Sierra	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.5
Factores por defecto de variación de las reservas: FLU, FMG, FI para tierras de cultivo	0.83, 1.10, 0.92	Sin dimensión	Valores usados para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.10
Factores por defecto de variación de las reservas: FLU, FMG, FI para pastizales	1.00 1.00 1.00	Sin dimensión	Valores usados para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 6, cuadro 6.2

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019

#### 6.2.2.4. Análisis de Incertidumbre

La incertidumbre de los datos de actividad de la categoría tierras convertidas en tierras de cultivo estuvo basada en valores por defecto de las OBP2003. Mientras que, para la incertidumbre de los factores de emisión, se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019.

El valor resultante de la incertidumbre combinada es de 191,65 %. La Tabla 48 muestra los valores de incertidumbre combinada para esta categoría.

**Tabla 48. Incertidumbre de la categoría tierras convertidas en tierras de cultivo.**

Código de categorías de fuentes 2006	Categorías de fuentes y sumideros	Gas	Incetidumbre en los datos de nivel de actividad	Incetidumbre en el factor de emisión	Incetidumbre combinada
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{(E^2+F^2)}$
			%	%	%
3.B.2.b	Tierras convertidas en TC	CO <sub>2</sub>	12,50	191,24	191,65

Fuente: Elaboración propia

Las Tablas 49 y 50 presentan continuación los valores de las incertidumbres de todos los parámetros que intervienen en la estimación de emisiones y remociones de la categoría tierras convertidas en tierras de cultivo.

Tabla 49. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras convertidas en tierras de cultivo.

Parámetro	Límite inferior (%)	Límite superior (%)	Valor a utilizar (%)	Fuente
Superficie de tierras convertidas en tierras de cultivo	-12,5	12,5	12,5	OBP2003. Página 3,33

Fuente: OBP 2003

Tabla 50. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la categoría tierras convertidas en tierras de cultivo.

Parámetro		Valor por defecto	Límite inferior	Límite superior	Valor a utilizar (%)	Fuente	
Existencias de carbono en madera muerta / hojarasca (t C/ha)	Bosque tropical seco	Depósitos de carbono en hojarasca (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	2,4	2,10 -13%	2,70 13%	12,50	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.2. Cuadro 2.2. Pág. 2.28
		Depósitos de carbono en madera muerta (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	9	1,30 -86%	17,30 92%	88,89	
	Bosque tropical húmedo	Depósitos de carbono en hojarasca (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	5,9	1,90 -68%	14,80 151%	109,32	
		Depósitos de carbono en madera muerta (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	8	1,20 -85%	21,20 165%	125,00	
	Sistema Montañoso Tropical	Depósitos de carbono en hojarasca (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	ND	ND	ND	ND	
		Depósitos de carbono en madera muerta (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación					
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> (t C/ha)	Amazonía	Suelos AAA	±7%		7,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.2. Cuadro 2.3. Pág. 2.35	
		Suelos ABA	±5%		5,00		
		Suelos de Humedal	±17%		17,00		
	Costa	Suelos Arenosos	±9%		9,00		
		Suelos AAA	±5%		5,00		
Sierra	Suelos AAA	±10%		10,00			
Existencias de biomasa por defecto presentes en tierras agrícolas antes de la conversión de otro uso de la tierra		ND				Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.5. Cuadro 5.10. Pág. 5.45	
Factores relativos de cambios de existencia para diferentes actividades de gestión en tierras de cultivo	Uso de la tierra (Flu)		±11%		11,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.5. Cuadro 5.5. Pág. 5.27.	
	Laboreo (Fmg)		±5%		5,00		
	Entrada (Fi)		±14%		14,00		
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (t C /t m.s.)		0,47	0,44 -6%	0,49 4%	5,32	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.4. Pág. 4.57. Cuadro 4.3	

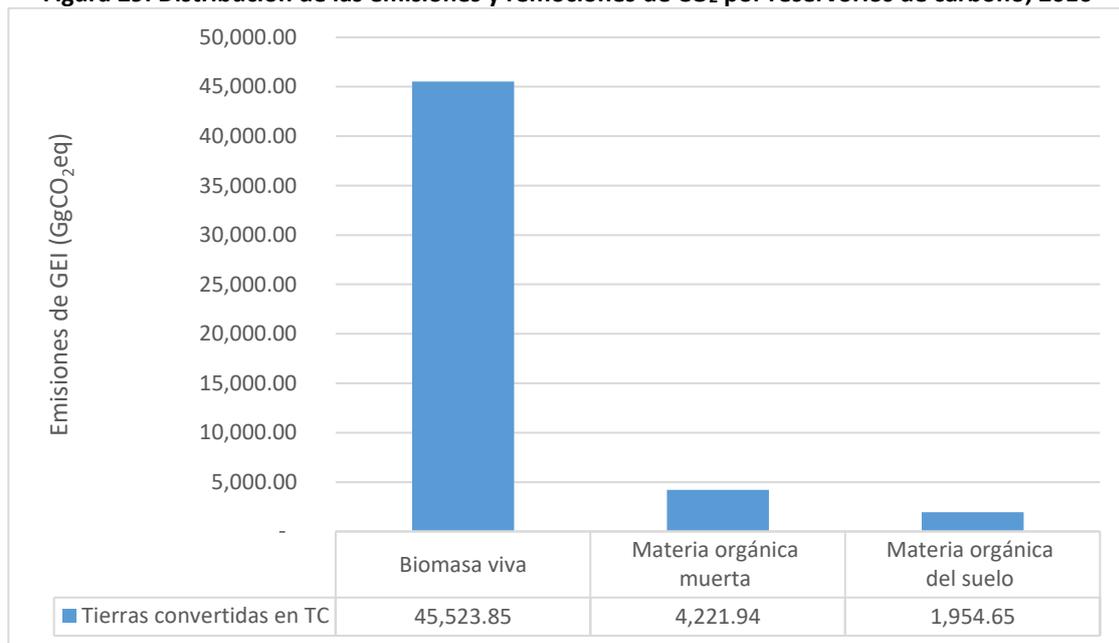
Fuente: Elaboración propia

**6.2.2.5. Análisis de resultados**

En el año 2016, las emisiones generadas en tierras convertidas en tierras de cultivo fueron - 51,700.44 GgCO<sub>2</sub>eq, que representa el 47.44% de las emisiones del sector.

La Figura 29 presenta cómo se encuentran distribuidas las emisiones y remociones del año 2016 entre los reservorios de carbono, donde el 88.05% (45,523.85 GgCO<sub>2</sub>eq) de las emisiones corresponden a los cambios en las existencias de carbono en la biomasa viva (biomasa aérea y subterránea). La materia orgánica muerta representa el 8.17% (4,221.94 GgCO<sub>2</sub>eq) y la materia orgánica del suelo representa el 3.78% (1,954.65 GgCO<sub>2</sub>eq).

**Figura 29. Distribución de las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> por reservorios de carbono, 2016**

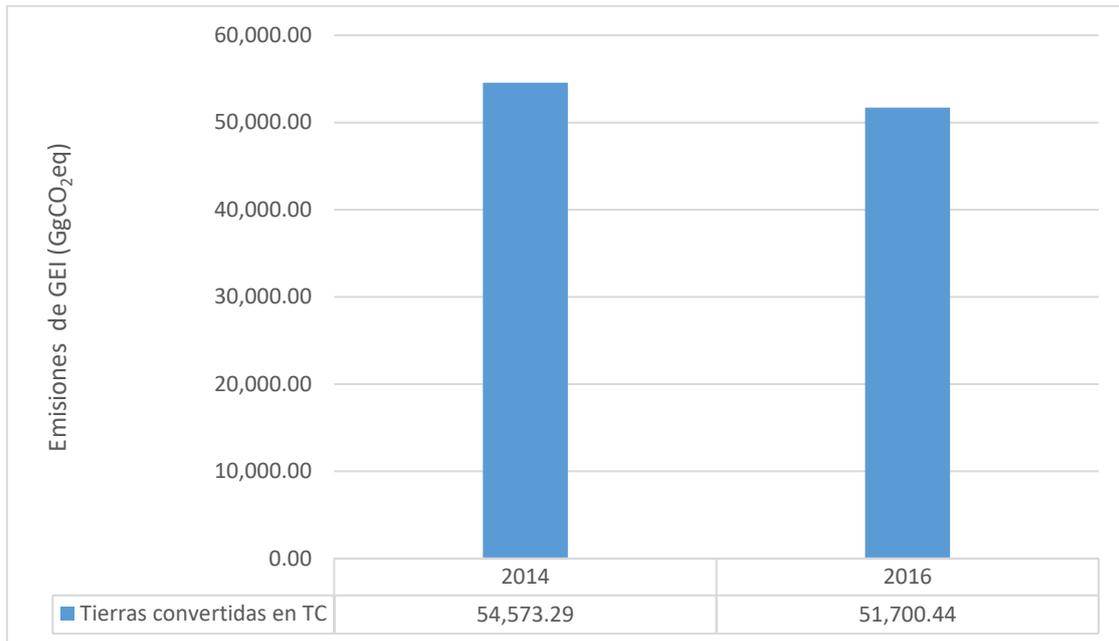


Fuente: Elaboración propia

**6.2.2.6. Actualización de serie temporal**

Respecto a la evolución de las emisiones, en la Figura 30 se aprecia que las emisiones del año 2016 disminuyeron en un 5.26% respecto al año 2014.

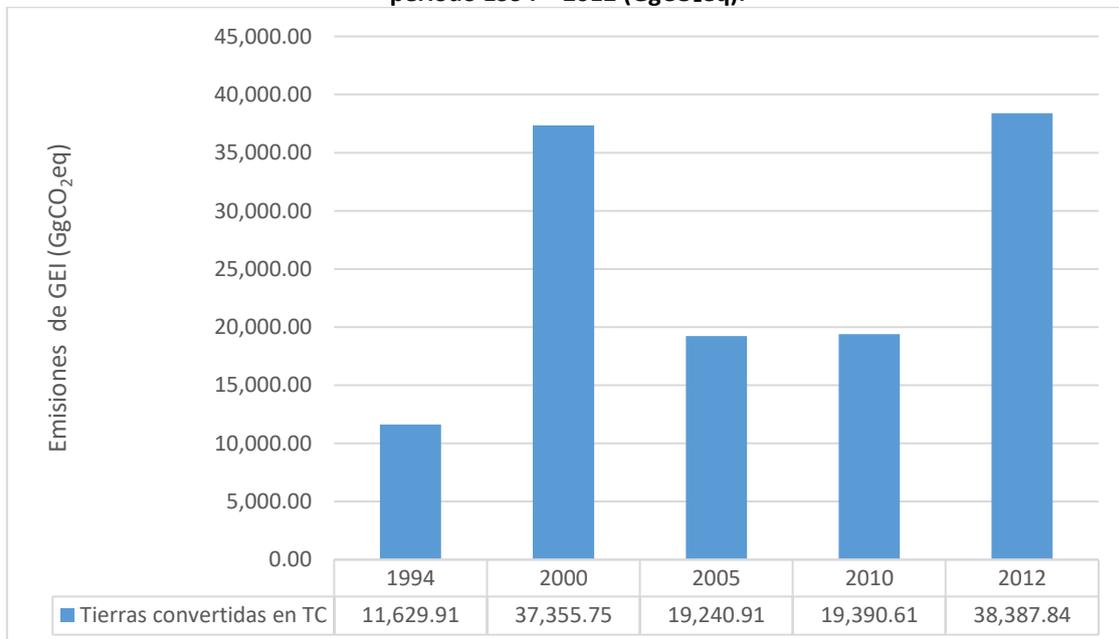
**Figura 30. Cambios en las emisiones de GEI para la categoría tierras convertidas en tierras de cultivo para el período 2014 – 2016 (GgCO<sub>2</sub>eq)**



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la Figura 31 presenta los resultados de las emisiones de los años 2012, 2010, 2005, y 2000, siendo el 2012 (38,387.84 GgCO<sub>2</sub>eq) y 2000 (37,355.75 GgCO<sub>2</sub>eq) los años con mayores emisiones dentro del periodo analizado.

**Figura 31. Evolución de emisiones de GEI de las tierras convertidas en tierras de cultivo para el período 1994 – 2012 (GgCO<sub>2</sub>eq).**



Fuente: Elaboración propia

### 6.3. Pastizales (3B3)

Esta subcategoría comprende la estimación de las emisiones y remociones de GEI debido a cambios en la biomasa, en la materia orgánica muerta y en el carbono orgánico del suelo en los pastizales que permanecen como pastizales y las tierras convertidas en pastizales.

Para el presente RAGEI, los pastizales, así como las tierras en otros usos, se estratifican de acuerdo con el tipo de bioma: Amazonía, Costa y Sierra.

#### 6.3.1. Pastizales que permanecen como pastizales (3B3a)

Las emisiones de GEI en los pastizales que permanecen como pastizales comprenden la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo).

##### 6.3.1.1. Método de cálculo

A continuación, se describen los cambios en las existencias anuales en los depósitos correspondientes para la categoría analizada.

##### **A. Biomasa**

En el Nivel 1, se asume que las reservas de carbono en la biomasa viva son estacionarias, lo que significa que las remociones anuales son compensadas por las pérdidas anuales de carbono, por lo que el resultado en este componente es igual a cero.

##### **B. Materia orgánica muerta**

En el método de Nivel 1 se supone que las existencias de madera muerta y hojarasca no existen en los pastizales o se encuentran en equilibrio. Por lo tanto, no hay necesidad de estimar los cambios en las existencias de carbono de estos depósitos.

##### **C. Carbono del suelo**

##### ***Suelos minerales***

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

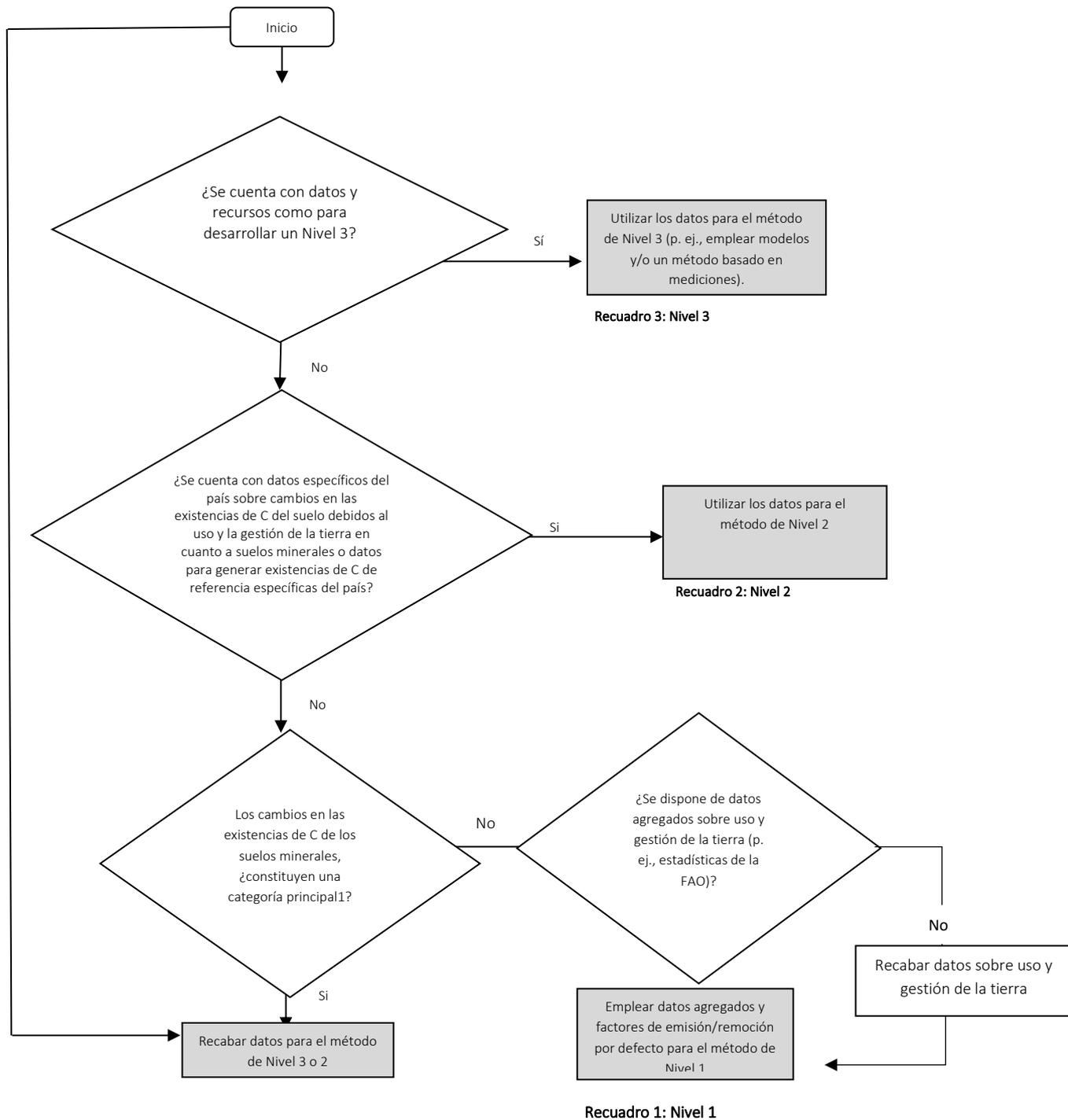
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos específicos del país sobre cambios en las existencias de C del suelo debidos al uso y la gestión de la tierra en cuanto a suelos minerales o datos para generar existencias de C de referencia específicas del país

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de basados en modelos y/o mediciones.

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

**Figura 32. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales por pastizales que permanecen como pastizales**



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

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

- No se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en pastizales, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1.

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006 el método de estimación se basa en los cambios de las existencias de C orgánico del suelo durante un período finito, a consecuencia de cambios en la gestión que repercuten sobre el C orgánico del suelo. Se utiliza la Ecuación 2.25 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.25. Cambio anual en las existencias de carbono orgánico en suelos minerales**

$$\Delta C_{Minerales} = \frac{(SOC_o - SOC_{0-T})}{D}$$

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

(Nota: En esta ecuación, se utiliza T en lugar de D cuando T es ≥ 20 años)

Donde:

- $\Delta C_{Minerales}$  = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_o$  = existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_{0-T}$  = existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>
- SOC<sub>0</sub> y SOC(0-T) se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de carbono según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)
- T = cantidad de años de un período de inventario dado, año
- D = Dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año.
- c = representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de sistemas de gestión que se dan en un país dado.
- $F_{MG}$  = factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular, sin dimensión
- $F_{LU}$  = factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, sin dimensión
- $F_I$  = factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, sin dimensión

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.34, Ecuación 2.25

**Suelos orgánicos**

No se dispone de información nacional sobre área de suelos forestales orgánicos drenados, por lo que el RAGEI 2016 no incluye las emisiones por este reservorio.

**6.3.1.2. Datos de actividad**

Las Tabla 51 presenta un resumen de los datos de actividad requeridos y las fuentes de información de donde fueron obtenidos, por cada reservorio de la subcategoría. Asimismo, se indican los reservorios que no fueron estimados en el presente inventario y el motivo de su no inclusión.

Tabla 51. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en Pastizales que permanecen como pastizales

Subcategorías	Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
				Variable IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
Pastizales que siguen siendo Pastizales	Biomasa Viva	Cambios de las existencias de carbono de los suelos en la biomasa viva	Cambio anual en las existencias de carbono en biomasa perenne (aérea y subterránea) y la biomasa subterránea herbácea	En el Nivel 1, se asume que las reservas de carbono en la biomasa viva son estacionarias, lo que significa que las remociones anuales son compensadas por las pérdidas anuales de carbono, por lo que el resultado en este componente es igual a cero.			
	Carbono orgánico del suelo	Variación anual de las reservas de carbono en el suelo	Cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales	Superficie de pastizales que permanecen como pastizales	Superficie de pastizales que permanecen como pastizales (ha)	Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.	El PNCBMCC genera información para entender las trayectorias en el uso de la tierra. El módulo cuenta con información espacial para los periodos: 1995-2000, 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013, 2013-2016. Estos mapas son la información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el bioma Amazonía de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC. Asimismo, a partir de la información base, se construyó un modelo histórico para la reconstrucción de la serie histórica comprendida entre 1975 y 1995.

Subcategorías	Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
				Variable IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
						European Space Agency	La información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en los biomas de Costa y Sierra fue la información satelital descargada de la <i>European Space Agency</i> para los periodos 1994-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2012, 2012-2014, 2014 2016 y 2016-2014. Toda la información espacial descargada fue re proyectada y ajustada al territorio nacional y los límites de los biomas Costa y Sierra. Asimismo, se reclasificó la leyenda de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC.
			Pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados	Falta de información sobre áreas drenadas de praderas en suelos orgánicos			

Fuente: Elaboración propia

Para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al COS, la Tabla 52 presenta la superficie de pastizales que permanecen como pastizales (ha) acumulado durante el periodo 1997 – 2016.

**Tabla 52. Superficie de pastizales que permanecen como pastizales**

Categoría de Uso de la Tierra		Categoría de Uso de la Tierra	Superficie (ha)
Uso Inicial de la tierra	Uso Inicial de la tierra		
P	P	Amazonía	5.200.212,24
		Costa	2.656.750,73
		Sierra	28.928.069,46
<b>TOTAL</b>			<b>36.785.032,43</b>

Fuente: Elaboración propia

### 6.3.1.3. Factores de emisión y conversión

#### A. Factores de emisión

Las Directrices del IPCC de 2006 brindan factores de emisión por defecto para todos los parámetros evaluados. La Tabla 53 brinda el detalle de los factores de emisión utilizados para los cálculos de variación de carbono en el reservorio de COS.

**Tabla 53 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo.**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos AAA, región tropical húmeda.	40	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, Capítulo 4. Cuadro 5.5.
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos ABA, región tropical húmeda.	38	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019, Capítulo 4. Cuadro 5.5.
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos de humedal, región tropical húmeda.	68	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019, Capítulo 4. Cuadro 5.5.
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos AAA, región tropical seca.	21	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Costa.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Capítulo 4. Cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos arenosos, región tropical seca.	9	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Costa.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Capítulo 4. Cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> ,	51	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
suelos AAA, región montañosa tropical.			los suelos minerales en bioma Sierra.	en 2019. Capítulo 2. Cuadro 2.5
Factores por defecto de variación de las reservas: FLU, FMG, FI para pastizales.	1.00 1.00 1.00	Sin dimensión	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Volumen 4. Capítulo 6. Cuadro 6.2

\* Se emplearon factores de emisión de las Directrices de 2006 revisadas de 2019, por considerarse más adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019

#### 6.3.1.4. Análisis de resultados

En el año 2016, las remociones netas generadas en pastizales que permanecen como pastizales fue cero. En el método de cálculo Nivel 1, se asumió que las reservas de carbono en la biomasa viva son estacionarias, lo que significa que las remociones anuales fueron compensadas por las pérdidas anuales de carbono, por lo que el resultado en este componente fue igual a cero. Asimismo, se asumió que no hubo cambios en las existencias de carbono de la materia orgánica muerta.

Las estimaciones de las emisiones por cambios en las existencias de carbono en la materia orgánica del suelo se realizaron aplicando el método de cálculo de Nivel 1, teniendo como resultado que las emisiones netas generadas fue cero a lo largo de la serie temporal.

Por lo anterior, no se reportan emisiones en esta subcategoría.

#### 6.3.2. Tierras convertidas en pastizales (3B3b)

Las emisiones de GEI en las Tierras convertidas en pastizales comprenden la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo).

##### 6.3.2.1. Método de cálculo

###### A. Biomasa

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

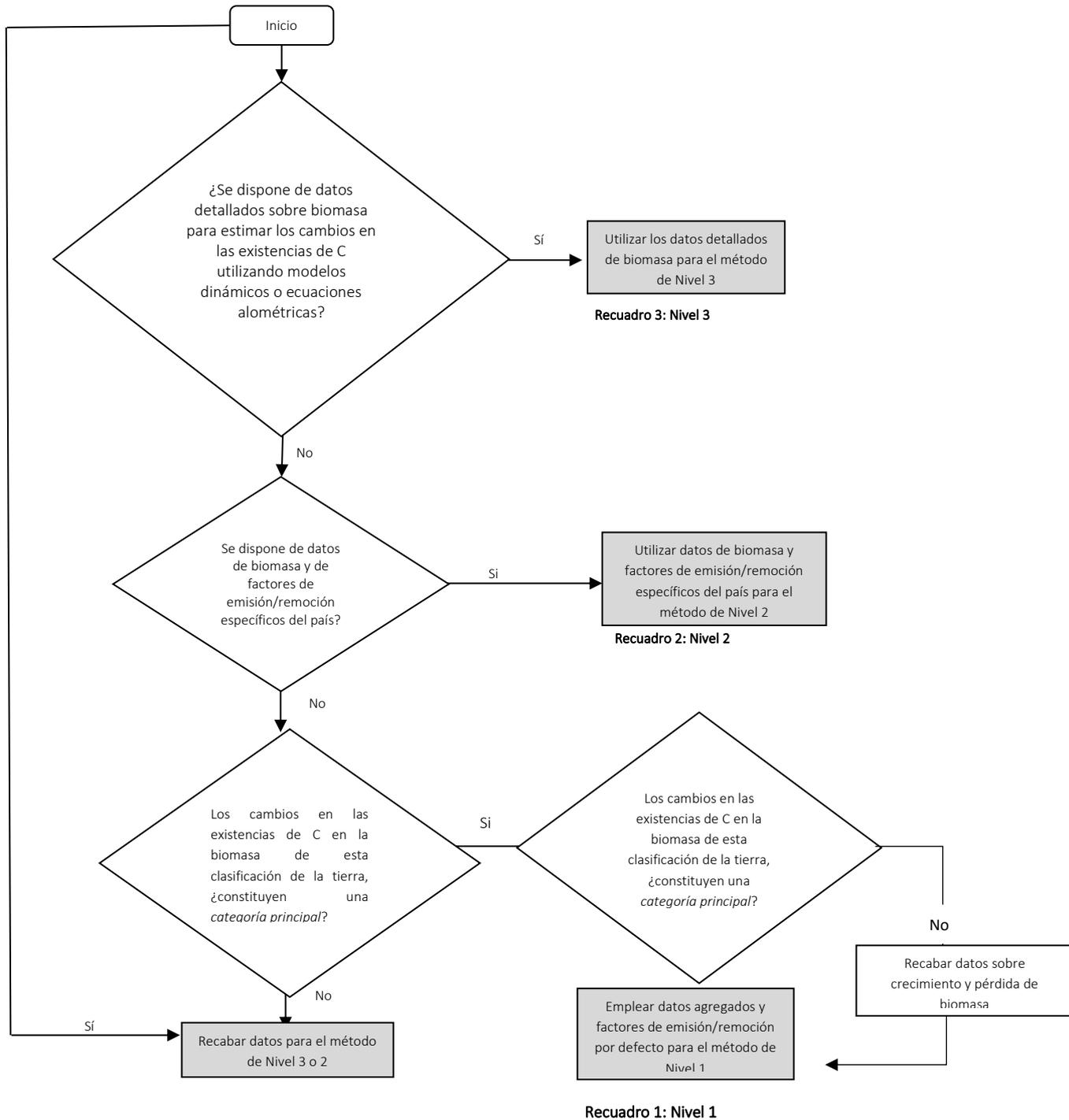
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos de biomasa y factores de emisión y/o remoción específicos del país.

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de biomasa.

La Figura 33 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 33. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en pastizales.**



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

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

- Se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en pastizales, se realizan aplicando una combinación del Nivel 1 y Nivel 2, dependiendo de la disponibilidad de información nacional.

La estimación del cambio en las existencias de carbono en la biomasa se realiza aplicando la Ecuación 2.15.

**Ecuación 2.15. Cambio anual en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra**

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSIÓN} + \Delta C_L$$

Donde:

- $\Delta C_B$  = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_G$  = incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_{CONVERSIÓN}$  = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra
- $\Delta C_L$  = reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, t C año<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.22, Ecuación 2.15

La ecuación 2.16 de las Directrices del IPCC de 2006 es utilizada para estimar el incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa viva.

**Ecuación 2.16. Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra.**

$$\Delta C_{CONVERSIÓN} = \sum_i \{ (B_{DESPUES_i} - B_{ANTES_i}) \times \Delta A_{A_OTRAS} \} \times CF$$

Donde:

- $\Delta C_{CONVERSIÓN}$  = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas en otra categoría de tierra, t C año<sup>-1</sup>
- $B_{DESPUES}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra *i* después de la conversión, t m.s. ha<sup>-1</sup>
- $B_{ANTES}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra *i* antes de la conversión, t m.s. ha<sup>-1</sup>
- $\Delta A_{A_OTRAS}$  = superficie de uso de la tierra *i* convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado, ha año<sup>-1</sup>
- $CF$  = fracción de carbono de materia seca, t C (t m.s.)<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.22, Ecuación 2.16

**B. Materia orgánica muerta**

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

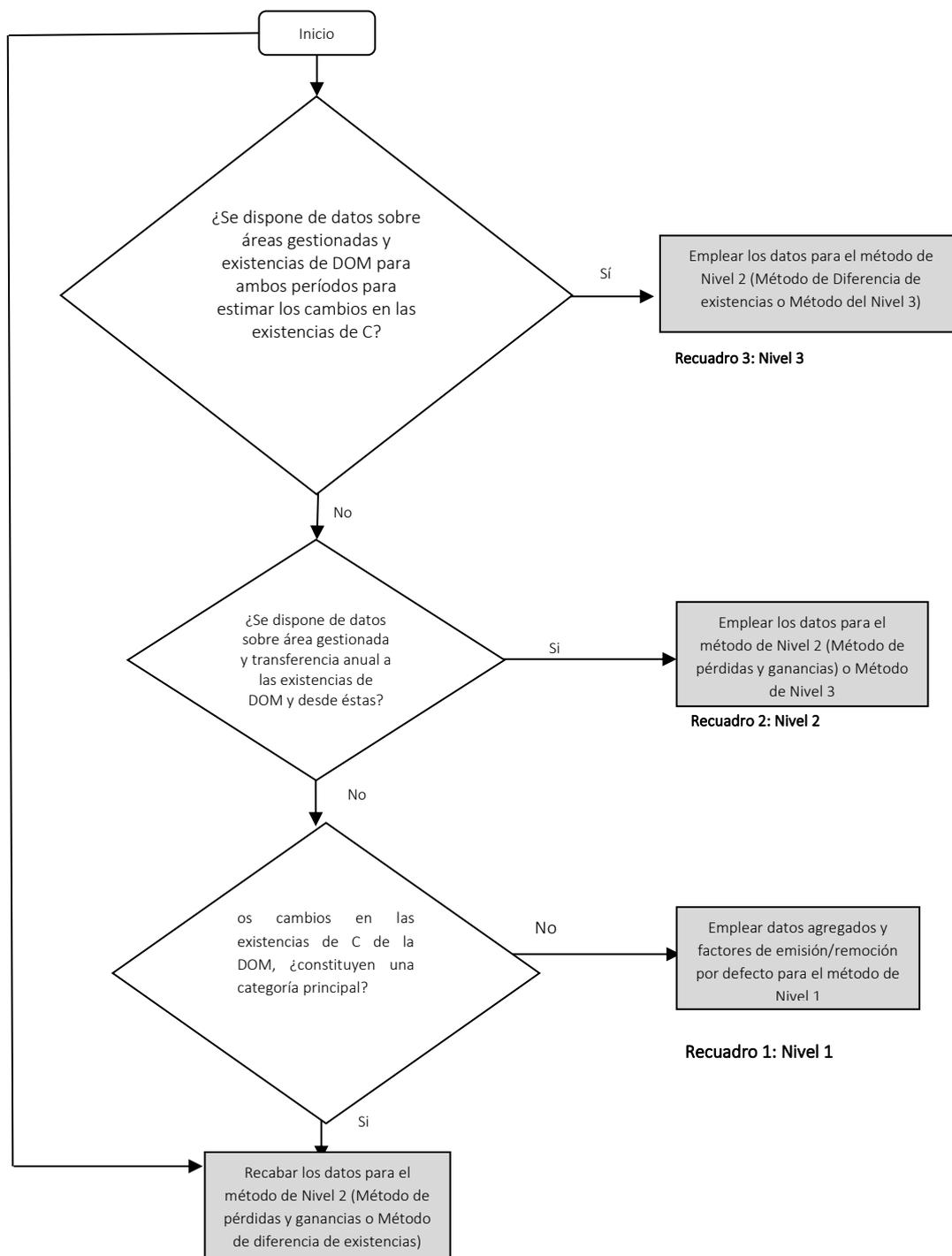
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos sobre transferencia anual y factores de emisión/remoción específicos del país.

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de existencias de MOM.

La Figura 34 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 34. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en tierras que se convierten en pastizales**



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

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

- No se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en la materia orgánica muerta, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1.

La Ecuación 2.23 de las Directrices del IPCC de 2006, resume el cálculo para estimar los cambios anuales de las existencias de carbono en depósitos de materia orgánica muerta.

**Ecuación 2.23. Cambio anual en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca debido a la conversión en el uso de la tierra**

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_o - C_n) \times A_{on}}{T_{on}}$$

Donde:

- $\Delta C_{DOM}$  = cambio en las existencias anuales de carbono en madera muerta u hojarasca, t C año<sup>-1</sup>  
 $C_o$  = cambio en las existencias de carbono de la madera muerta, t C año<sup>-1</sup>  
 $C_n$  = cambio en las existencias de carbono de la hojarasca, t C año<sup>-1</sup>  
 $A_{on}$  = superficie sometida a la conversión de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, ha  
 $T_{on}$  = lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, año. El valor por defecto del Nivel 1 es de 20 años para los incrementos de existencias de carbono y de 1 año para las pérdidas de carbono.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.29, Ecuación 2.23

**C. Carbono del suelo**

***Suelos minerales***

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

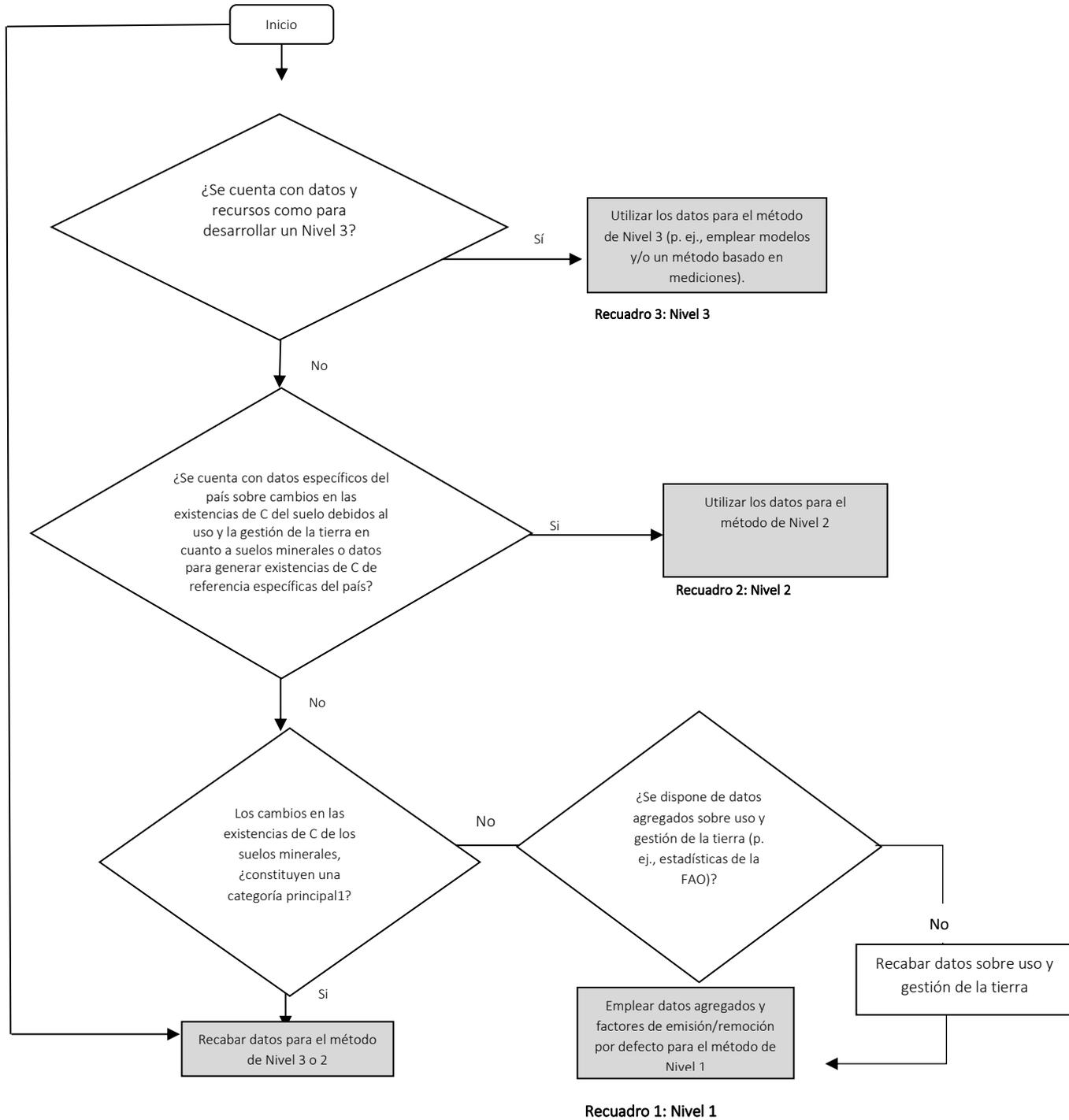
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos específicos del país sobre cambios en las existencias de C del suelo debidos al uso y la gestión de la tierra en cuanto a suelos minerales o datos para generar existencias de C de referencia específicas del país

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de basados en modelos y/o mediciones.

La Figura 35 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 35. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en pastizales.**



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

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

- No se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en la materia orgánica del suelo en tierras convertidas en pastizales, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1.

**Ecuación 2.25. Cambio anual en las existencias de carbono orgánico en suelos minerales**

$$\Delta C_{Minerales} = \frac{(SOC_o - SOC_{0-T})}{D}$$

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

(Nota: En esta ecuación, se utiliza T en lugar de D cuando T es  $\geq 20$  años)

Donde:

- $\Delta C_{Minerales}$  = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_o$  = existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_{0-T}$  = existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>  
 $SOC_0$  y  $SOC(0-T)$  se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de carbono según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)
- T = cantidad de años de un período de inventario dado, año
- D = Dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año.
- c = representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de sistemas de gestión que se dan en un país dado.
- $F_{MG}$  = factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular, sin dimensión
- $F_{LU}$  = factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, sin dimensión
- $F_I$  = factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, sin dimensión

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.34, Ecuación 2.25

**Suelos orgánicos**

No se dispone de información nacional sobre área de suelos forestales orgánicos drenados, por lo que el RAGEI 2016 no incluye las emisiones por este reservorio.

**6.3.2.2. Datos de actividad**

El nivel de actividad de esta subcategoría ha sido obtenido a partir de dos insumos: las matrices de uso y cambio de uso de tierras por entre dos años consecutivos de inventario, y las matrices de uso y cambio de uso de tierras que consideran un periodo de transición de 20 años para los biomas Amazonia, Costa y Sierra.

La Tabla 54 presenta un resumen de los datos de actividad requeridos y las fuentes de información de donde fueron obtenidos, por cada reservorio de la subcategoría. Asimismo, se indican los reservorios que no fueron estimados en el presente reporte y el motivo de su no inclusión.

Tabla 54. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en tierras convertidas en pastizales.

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
			Variable IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
Biomasa Viva	Cambios de las existencias de carbono en la biomasa viva	Variación de las reservas de carbono por efecto de la conversión del uso de la tierra a Pastizales.	Superficie bajo conversión hacia una nueva categoría de uso de suelo	Superficie anual de tierras convertidas Pastizales (ha)	Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.	El PNCBMCC genera información para entender las trayectorias en el uso de la tierra. El módulo cuenta con información espacial para los periodos: 1995-2000, 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013, 2013-2016. Estos mapas son la información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el bioma Amazonía de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC. Asimismo, a partir de la información base, se construyó un modelo histórico para la reconstrucción de la serie histórica comprendida entre 1975 y 1995.
		Cambio anual en las existencias de carbono de la materia orgánica muerta (incluye madera muerta y hojarasca)			<i>European Space Agency</i>	
Materia orgánica muerta	Cambios de las existencias de carbono en materia orgánica muerta	Cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales	Superficie bajo conversión hacia una nueva categoría de uso de suelo	Superficie de tierras convertidas en Pastizales (ha) – Acumulado 20 años	Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.	Toda la información espacial descargada fue re proyectada y ajustada al territorio nacional y los límites de los biomas Costa y Sierra. Asimismo, se reclasificó la leyenda de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC.
		Pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados			<i>European Space Agency</i>	No se dispone de información nacional sobre área de suelos forestales orgánicos drenados
Carbono orgánico del suelo	Cambios de las existencias de carbono de los suelos					

Fuente: Elaboración propia

Los principales datos de actividad provienen de la matriz de uso y cambio de uso de la tierra, elaborada para los biomas Amazonía, Costa y Sierra.

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, para la estimación de las emisiones de Carbono Orgánico del Suelo todos los niveles requieren información sobre áreas convertidas en pastizales durante los 20 años anteriores al año del inventario (valor por defecto). Por otro lado, para estimar los otros reservorios. (BV y MOM), se requieren las superficies anuales de tierras convertidas en pastizales.

La superficie de tierras convertidas en pastizales en los biomas de Amazonía, Costa y Sierra se presenta en la Tabla 55.

**Tabla 55. Superficie de tierras convertidas en pastizales para el período 1997 – 2016**

Categoría de Uso de la Tierra		Categoría de Uso de la Tierra	Superficie (ha) Uso Inicial de la tierra
Uso Inicial de la tierra	Uso Inicial de la tierra		
TF	P	Amazonía	1,204,873.02
		Costa	83,667.02
		Sierra	10,026.45
			1.298.566,49
TC	P	Amazonía	487,130.06
		Costa	3,928.95
		Sierra	40,325.94
			531.384,95
H	P	Amazonía	14,444.66
		Costa	42.48
		Sierra	2,641.05
			17.128,19
A	P	Amazonía	3,607.38
		Costa	-
		Sierra	-
			3,607.38
OT	P	Amazonía	4,800.82
		Costa	137,734.02
		Sierra	178,212.78
Subtotal			320.747,62
<b>TOTAL</b>			<b>2.171.434,62</b>

Fuente: Elaboración propia

### 6.3.2.3. Factores de emisión y conversión

#### A. Factores de emisión

Las Directrices del IPCC de 2006 brindan factores de emisión por defecto para todos los parámetros evaluados.

La Tabla 56 brinda el detalle de los factores de emisión utilizados para los cálculos de variación de carbono en el reservorio biomasa viva.

**Tabla 56 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio biomasa viva**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Tierra forestal. Promedio ponderado de cuatro ecozonas de la Amazonía.	309.35	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa aérea de TF por conversión a P	MIDAGRI - SERFOR 2019
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Tierra forestal. Costa	21.87	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa aérea de TF por conversión a P	MIDAGRI - SERFOR 2019
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Tierra forestal. Sierra	52.87	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa aérea de TF por conversión a P	MIDAGRI - SERFOR 2019
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Pastizales, clima tropical húmedo y muy húmedo	10	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa viva de TC por conversión a P	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.1
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Asentamientos, Humedales y Otras Tierras	0	t m.s./ha	Valor por defecto referido en las guías.	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.1
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (t C / t m.s.)	0.47	t C/ t m.s.	Este valor fue aplicado para usado para todas las estimaciones de pérdidas y ganancias de la biomasa	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 4, cuadro 4.3

Fuente: SERFOR 2019, Directrices del IPCC de 2006

La Tabla 57 brinda el detalle de los factores de emisión utilizados para los cálculos de variación de carbono en el reservorio materia orgánica muerta.

**Tabla 57 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio materia orgánica muerta**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Existencias de carbono en hojarasca y madera muerta para Bosque tropical húmedo	2.40 9.00	t C./ ha	La suma de estos valores fue aplicada para estimar las existencias de MOM en bosques del bioma Amazonía	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.2
Existencias de carbono en hojarasca y madera muerta para Bosque tropical seco	n.d. 3.30	t C./ ha	Este valor fue aplicado para estimar las existencias de MOM en bosques del bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.2

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Existencias de carbono en hojarasca y madera muerta para Sistemas montañosos tropicales	5.90 8.00	t C./ ha	La suma de estos valores fue aplicada para estimar las existencias de MOM en bosques del bioma Sierra	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.2

\* Se emplearon factores de emisión de las Directrices de 2006 revisadas de 2019, por considerarse más adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019.

Los factores de emisión para estimar las emisiones/remociones en el carbono orgánico del suelo se muestran en la Tabla 58.

**Tabla 58. Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos AAA, región tropical húmeda	40	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos ABA, región tropical húmeda	38	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos de humedal, región tropical húmeda	68	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos AAA, región tropical seca	21	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos arenosos, región tropical seca	9	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos AAA, región montañoso tropical	51	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Sierra	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.5

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Factores por defecto de variación de las reservas: FLU, FMG, FI para tierras de cultivo	0.83, 1.10, 0.92	Sin dimensión	Valores usados para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.10
Factores por defecto de variación de las reservas: FLU, FMG, FI para pastizales	1.00 1.00 1.00	Sin dimensión	Valores usados para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 6, cuadro 6.2

\* Se emplearon factores de emisión de las Directrices de 2006 revisadas de 2019, por considerarse más adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019

### 6.3.2.4. Análisis de Incertidumbre

La incertidumbre de los datos de actividad de la categoría tierras convertidas en pastizales estuvo basados en valores por defecto de las OBP2003. Mientras que, para la incertidumbre de los factores de emisión, se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019.

El valor resultante de la incertidumbre combinada es de 191.65 %. La Tabla 59 muestra los valores de incertidumbre combinada para esta categoría.

**Tabla 59. Incertidumbre de las emisiones de CO<sub>2</sub> para la categoría tierras convertidas en pastizales.**

Código de categorías de fuentes 2006	Categorías de fuentes y sumideros	Gas	Incetidumbre en los datos de nivel de actividad	Incetidumbre en el factor de emisión	Incetidumbre combinada
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{(E^2+F^2)}$
			%	%	%
3.B.3.b	Tierras convertidas en P	CO <sub>2</sub>	12,50	191,24	191,65

Fuente: Elaboración propia

Se presentan a continuación los valores de las incertidumbres de todos los parámetros que intervienen en la estimación de emisiones y remociones de la categoría tierras convertidas en pastizales

**Tabla 60. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras convertidas en pastizales.**

Incertidumbre de los datos de actividad				
Parámetro	Límite inferior (%)	Límite superior (%)	Valor a utilizar (%)	Fuente
Superficie de tierras convertidas en Praderas	10	15	12,5	OBP2003. Página 3,33

Fuente: OBP 2003

Tabla 61. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la subcategoría tierras convertidas en pastizales

Parámetro		Valor por defecto	Límite inferior	Límite superior	Valor a utilizar (%)	Fuente	
Existencias de carbono en madera muerta / hojarasca (t C/ha)	Bosque tropical seco	Depósitos de carbono en hojarasca (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	2,4	2,10	2,70	12,50	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.2. Cuadro 2.2. Pág. 2.28
				-13%	13%		
		Depósitos de carbono en madera muerta (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	9	1,30	17,30	88,89	
				-86%	92%		
	Bosque tropical húmedo	Depósitos de carbono en hojarasca (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	5,9	1,90	14,80	109,32	
				-68%	151%		
		Depósitos de carbono en madera muerta (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	8	1,20	21,20	125,00	
				-85%	165%		
Sistema Montañoso Tropical	Depósitos de carbono en hojarasca (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	ND	ND	ND	ND		
	Depósitos de carbono en madera muerta (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación						
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> (t C/ha) (nombre del parámetro en hoja de datos)	Amazonía	Suelos AAA		±7%	7,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.2. Cuadro 2.3. Pág. 2.35	
		Suelos ABA		±5%	5,00		
		Suelos de Humedal		±17%	17,00		
	Costa	Suelos Arenosos		±9%	9,00		
		Suelos AAA		±5%	5,00		
	Sierra	Suelos AAA		±10%	10,00		
Factores relativos de existencia para diferentes actividades de gestión en tierras de cultivo	Uso de la tierra (Flu)			±11%	11,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.5. Cuadro 5.5. Pág. 5.27.	
	Laboreo (Fmg)			±5%	5,00		
	Entrada (Fi)			±14%	14,00		
Factores relativos de cambios de existencia para la gestión de los pastizales			-	-	-	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.6. Cuadro 6.2	
Existencias de biomasa por defecto presentes en los pastizales antes de la conversión de otro uso de la tierra			ND			Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.5. Cuadro 5.10. Pág. 5.45	
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (t C /t m.s.)		0,47	0,44	0,49	5,32	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.4. Pág. 4.57. Cuadro 4.3	
			-6%	4%			

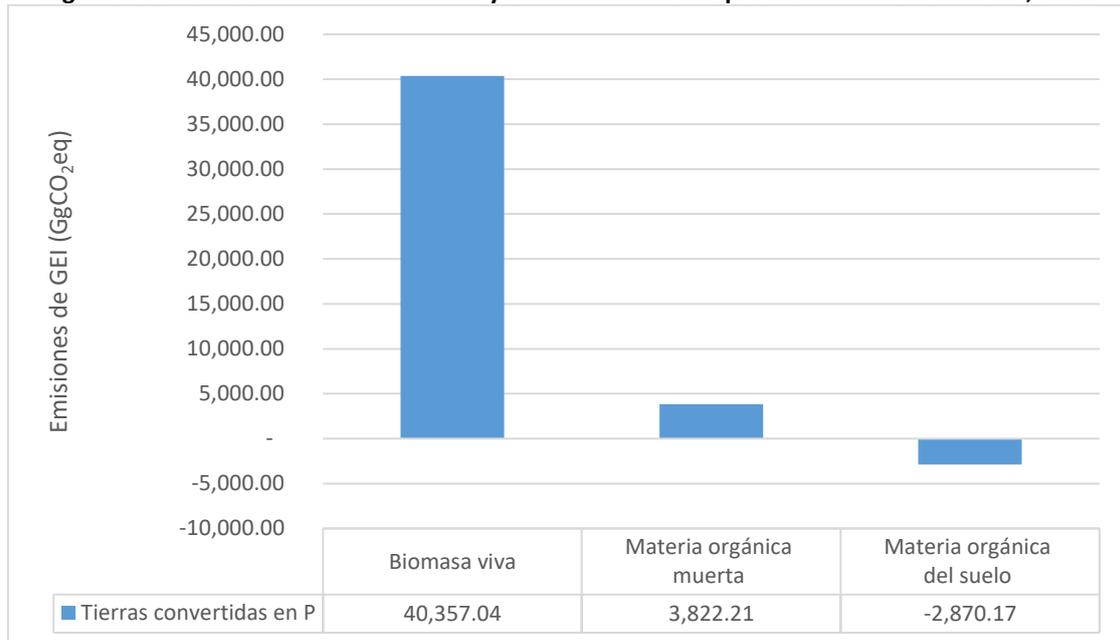
Fuente: Elaboración propia

**6.3.2.5. Análisis de resultados**

En el año 2016, las emisiones generadas en las tierras convertidas en pastizales fueron - 41,309.08 GgCO<sub>2</sub>eq, que representa el 37.90% de las emisiones del sector.

La Figura 36 presenta cómo se encuentran distribuidas las emisiones y remociones del año 2016 entre los reservorios de carbono, donde el 85.78% (40,357.04 GgCO<sub>2</sub>eq) corresponden a los cambios en las existencias de carbono en la biomasa viva (biomasa aérea y subterránea). La materia orgánica muerta representa el 8.12% (3,822.21 GgCO<sub>2</sub>eq) y la materia orgánica del suelo representa, en términos absolutos, el 6.10% (-2,870.17 GgCO<sub>2</sub>eq).

**Figura 36. Distribución de las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> por reservorios de carbono, 2016**

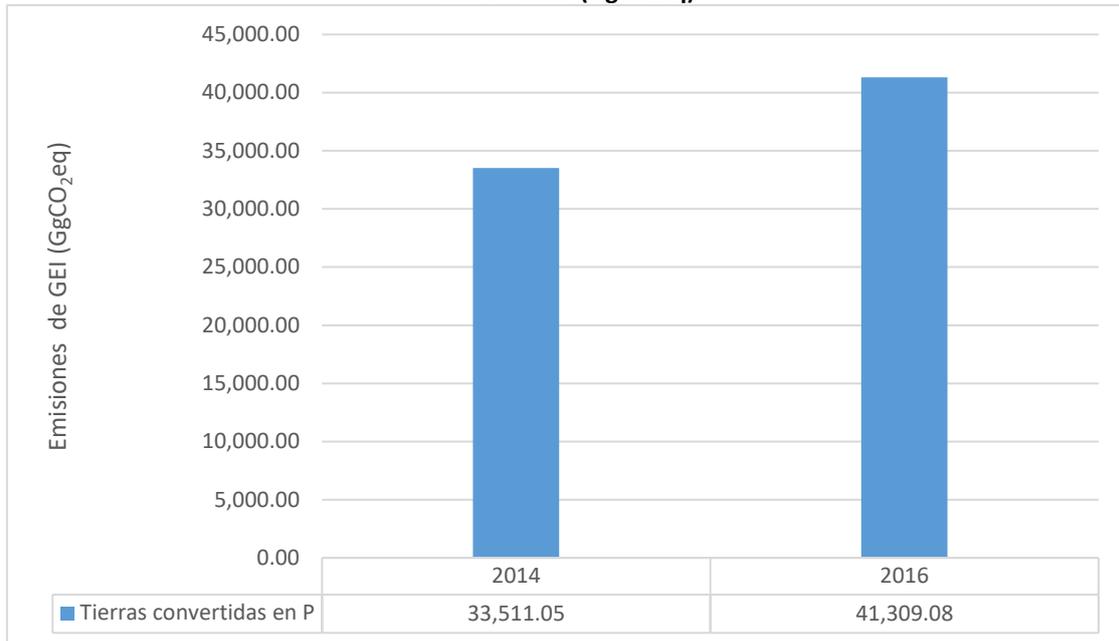


Fuente: Elaboración propia

**6.3.2.6. Actualización de serie temporal**

Respecto a la evolución de las emisiones, en la Figura 37.se aprecia que las emisiones del año 2016 se incrementaron en un 23.27% respecto al año 2014.

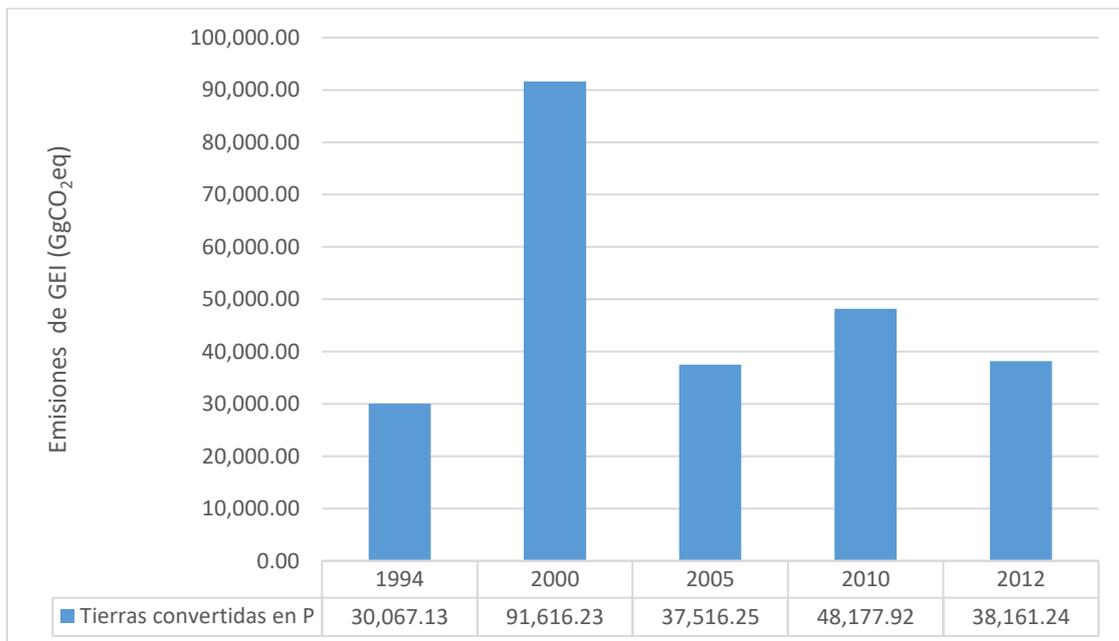
**Figura 37. Cambios en las emisiones de GEI de las tierras convertidas en pastizales para el período 2014 – 2016 (GgCO<sub>2</sub>eq)**



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la Figura 38 presenta los resultados de las emisiones de los años 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994, siendo el 2000 (91,616.23 GgCO<sub>2</sub>eq) el año con mayores emisiones dentro del periodo analizados.

**Figura 38. Serie temporal de emisiones de emisiones de GEI en el periodo 1994 - 2012**



Fuente: Elaboración propia

#### 6.4. Humedales (3B4)

La subcategoría Humedales incluye a las tierras cubiertas o saturadas de agua durante todo o parte del año (p.ej. turberas) que no pueden clasificarse como tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales o asentamientos.

De acuerdo con la matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el período 1997-2016, para el año 2016 se ha identificado que la categoría humedales ocupa una superficie total de 3,196,078.92 ha. Sin embargo, no ha sido posible estimar las emisiones asociadas a esta subcategoría debido principalmente a la falta de información sobre superficies sujetas a extracción de turba o de superficies anegadas para la estratificación de suelos orgánicos y minerales.

Por este motivo, el RAGEI 2016 no incluye las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O para esta categoría.

#### 6.5. Asentamientos (3B5)

Esta subcategoría comprende la estimación de las emisiones y remociones de GEI debido a cambios en la biomasa, en la materia orgánica muerta y en el carbono orgánico del suelo en las Asentamientos que permanecen como Asentamiento y las tierras convertidas en Asentamientos.

Para el presente RAGEI, los asentamientos, así como las tierras en otros usos, se estratifican de acuerdo con el tipo de bioma: Amazonía, Costa y Sierra.

##### 6.5.1. Asentamientos que permanecen como asentamientos (3B5a)

Las emisiones de GEI en los asentamientos que permanecen como asentamientos comprenden la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono: biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo.

En el método de cálculo Nivel 1, se asumió que no hay cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y materia orgánica del suelo porque están en equilibrio, por lo que no se reportan emisiones en esta subcategoría.

##### 6.5.1.1. Método de cálculo

###### A. Biomasa

En el Nivel 1 se supone que no hay cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva en asentamientos que permanecen como asentamientos; es decir, que está en equilibrio.

###### B. Materia orgánica muerta

En el Nivel 1, se supone que la materia muerta y los depósitos de hojarasca están en el equilibrio y, por ende, no es necesario estimar los cambios en las existencias de carbono para estos depósitos.

###### C. Carbono del suelo

##### **Suelos minerales**

En el método del Nivel 1, se supone que las entradas son equivalentes a las salidas, por lo que las existencias de C en el suelo de los asentamientos no cambian.

## 6.5.2. Tierras convertidas en asentamientos (3B5b)

Las emisiones de GEI en las Tierras convertidas en asentamientos comprenden la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo).

### 6.5.2.1. Método de cálculo

#### A. Biomasa

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

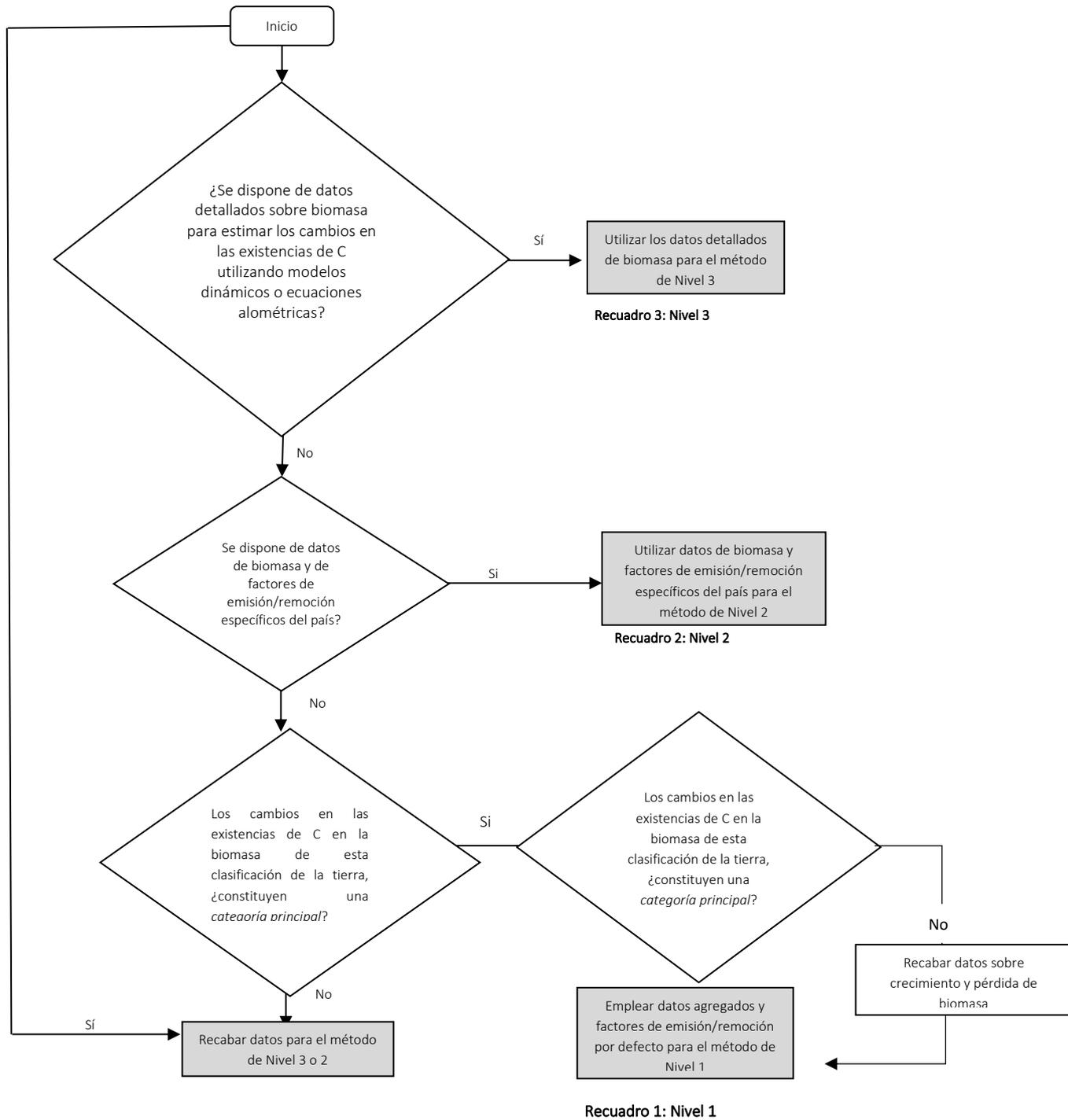
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos de biomasa y factores de emisión y/o remoción específicos del país.

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de biomasa.

La Figura 39 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 39. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en asentamientos**



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

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

- Se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en asentamientos, se realizan aplicando una combinación de los métodos de cálculo de Nivel 1 y Nivel 2, dependiendo de la disponibilidad de información nacional.

La estimación del cambio en las existencias de carbono en la biomasa se realiza aplicando la Ecuación 2.15 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.15. Cambio anual en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra**

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSIÓN} + \Delta C_L$$

Donde:

- $\Delta C_B$  = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_G$  = incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_{CONVERSIÓN}$  = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra
- $\Delta C_L$  = reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, t C año<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.22, Ecuación 2.15

La ecuación 2.16 de las Directrices del IPCC de 2006 es utilizada para estimar el incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa viva.

**Ecuación 2.16. Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra**

$$\Delta C_{CONVERSIÓN} = \sum_i \{ (B_{DESPUES_i} - B_{ANTES_i}) \times \Delta A_{A_OTRAS} \} \times CF$$

Donde:

- $\Delta C_{CONVERSIÓN}$  = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas en otra categoría de tierra, t C año<sup>-1</sup>
- $B_{DESPUES}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra *i* despues de la conversión, t m.s. ha<sup>-1</sup>
- $B_{ANTES}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra *i* antes de la conversión, t m.s. ha<sup>-1</sup>
- $\Delta A_{A_OTRAS}$  = superficie de uso de la tierra *i* convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado, ha año<sup>-1</sup>
- $CF$  = fracción de carbono de materia seca, t C (t m.s.)<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.22, Ecuación 2.16

**B. Materia orgánica muerta**

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

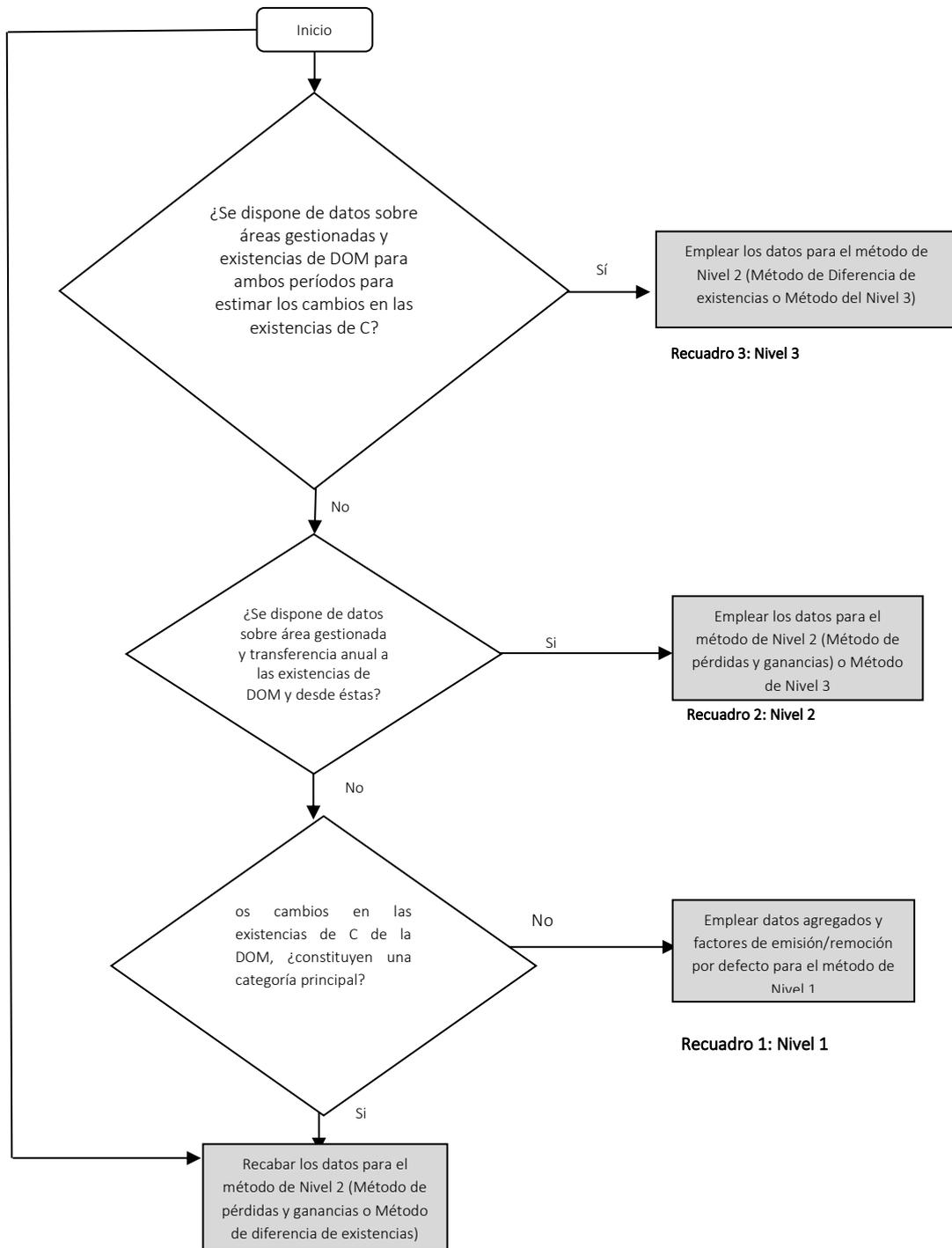
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos sobre transferencia anual y factores de emisión y/o remoción específicos del país.

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de existencias de MOM.

La Figura 40 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 40. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en tierras convertidas en asentamientos**



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

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

- No se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1.

La ecuación 2.23 de las Directrices del IPCC de 2006 resume el cálculo para estimar los cambios anuales de las existencias de carbono en depósitos de materia orgánica muerta.

**Ecuación 2.23. Cambio anual en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca debido a la conversión en el uso de la tierra**

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_o - C_n) \times A_{on}}{T_{on}}$$

Donde:

- $\Delta C_{DOM}$  = cambio en las existencias anuales de carbono en madera muerta u hojarasca, t C año<sup>-1</sup>  
 $C_o$  = cambio en las existencias de carbono de la madera muerta, t C año<sup>-1</sup>  
 $C_n$  = cambio en las existencias de carbono de la hojarasca, t C año<sup>-1</sup>  
 $A_{on}$  = superficie sometida a la conversión de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, ha  
 $T_{on}$  = lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, año. El valor por defecto del Nivel 1 es de 20 años para los incrementos de existencias de carbono y de 1 año para las pérdidas de carbono.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.29, Ecuación 2.23

**C. Carbono del suelo**

**Suelos minerales**

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

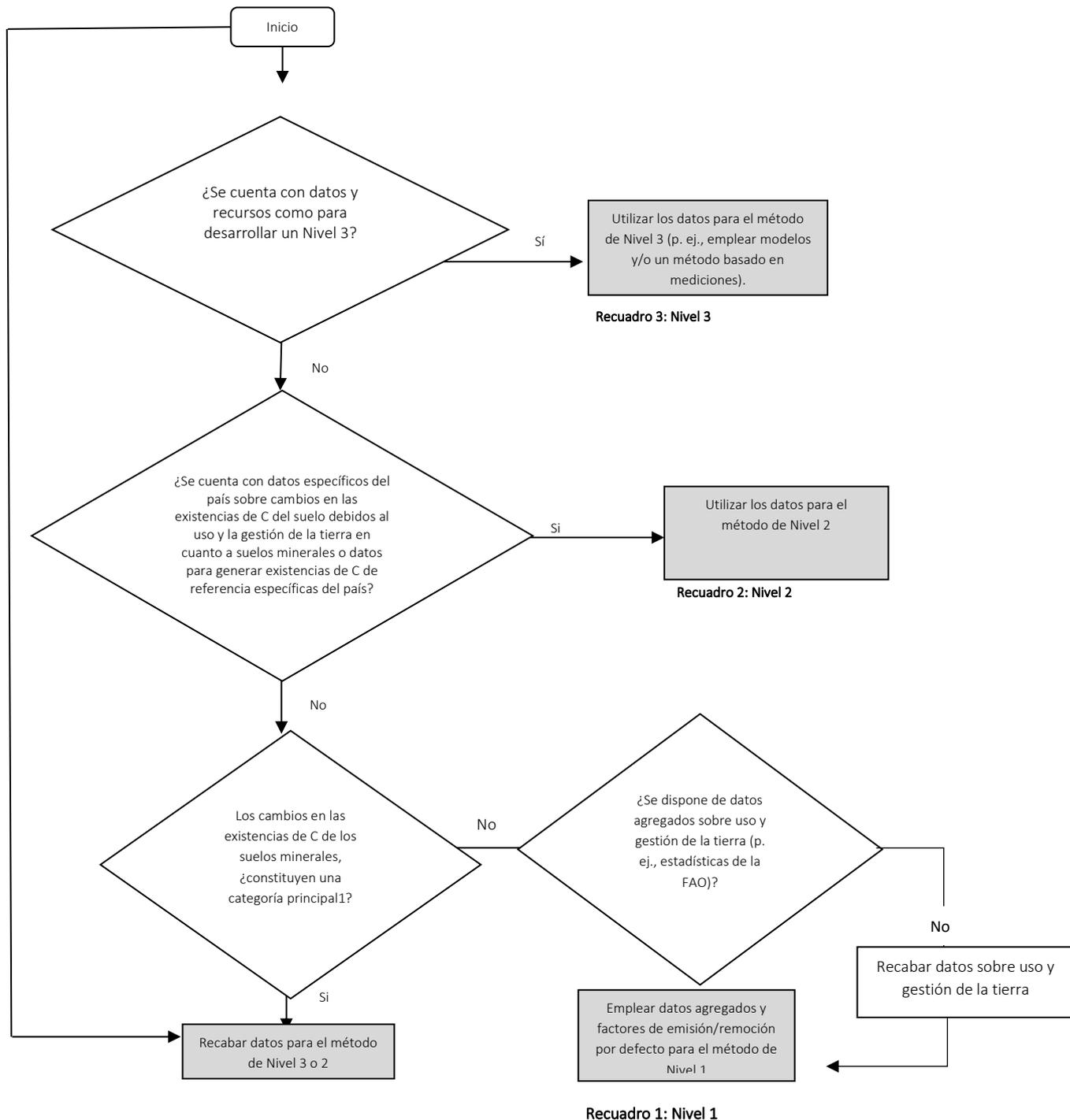
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión y/o remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos específicos del país sobre cambios en las existencias de C del suelo debidos al uso y la gestión de la tierra en cuanto a suelos minerales o datos para generar existencias de C de referencia específicas del país

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de basados en modelos y/o mediciones.

La Figura 41 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 41. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales por categoría de uso de la tierra**



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

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

- No se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en la materia orgánica del suelo en tierras convertidas en asentamientos, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1.

**Ecuación 2.25. Cambio anual en las existencias de carbono orgánico en suelos minerales**

$$\Delta C_{\text{Minerales}} = \frac{(SOC_o - SOC_{0-T})}{D}$$

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

(Nota: En esta ecuación, se utiliza T en lugar de D cuando T es  $\geq 20$  años)

Donde:

- $\Delta C_{\text{Minerales}}$  = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_o$  = existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_{0-T}$  = existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>  
 $SOC_o$  y  $SOC(0-T)$  se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de carbono según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)
- T = cantidad de años de un período de inventario dado, año
- D = Dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año. Habitualmente 20 años, pero depende de las hipótesis que se apliquen en el cálculo de los factores FLU, FMG y FI. Si T es mayor que D, úsese el valor de T para obtener la tasa anual de cambio durante el tiempo de inventario (0 – T años).
- c = representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de sistemas de gestión que se dan en un país dado.
- $F_{MG}$  = factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular, sin dimensión
- $F_{LU}$  = factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, sin dimensión
- $F_I$  = factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, sin dimensión

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.34, Ecuación 2.25

**Suelos orgánicos**

No se dispone de información nacional sobre área de suelos forestales orgánicos drenados, por lo que el RAGEI 2016 no incluye las emisiones por este reservorio.

**6.5.2.2. Datos de actividad**

El dato de actividad de esta subcategoría ha sido obtenido a partir de dos insumos: las matrices de uso y cambio de uso de tierras por entre dos inventarios consecutivos, y las matrices de uso y cambio de uso de tierras que consideran un periodo de transición de 20 años para los biomas Amazonia, Costa y Sierra. La Tabla 62 presenta un resumen de los datos de actividad requeridos y las fuentes de información de donde fueron obtenidos, por cada reservorio de la subcategoría. Asimismo, se indican los reservorios que no fueron estimados en el presente reporte y el motivo de su no inclusión.

**Tabla 62. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en tierras convertidas en asentamientos**

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
			Variable IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
Biomasa Viva	Cambios de las existencias de carbono en la biomasa viva	Variación de las reservas de carbono por efecto de la conversión del uso de la tierra a Pastizales	Superficie bajo conversión hacia una nueva categoría de uso de suelos	Superficie anual de tierras convertidas en asentamientos	Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.	El PNCBMCC genera información para entender las trayectorias en el uso de la tierra. El módulo cuenta con información espacial para los periodos: 1995-2000, 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013, 2013-2016. Estos mapas son la información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el bioma Amazonía de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC. Asimismo, a partir de la información base, se construyó un modelo histórico para la reconstrucción de la serie histórica comprendida entre 1975 y 1995. La información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en los biomas de Costa y Sierra fue la información satelital descargada de la <i>European Space Agency</i> para los periodos 1994-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2012, 2012-2014, 2014 2016 y 2016-2014. Toda la información espacial descargada fue re proyectada y ajustada al territorio nacional y los límites de los biomas Costa y Sierra. Asimismo, se reclasificó la leyenda de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC.
	Materia orgánica muerta	Cambios de las existencias de carbono en materia orgánica muerta (incluye madera muerta y hojarasca)	Cambio anual en las existencias de carbono de la materia orgánica muerta (incluye madera muerta y hojarasca)		<i>European Space Agency</i>	
Carbono orgánico del suelo	Cambios de las existencias de carbono de los suelos	Cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales	Superficie bajo conversión hacia una nueva categoría de uso de suelo	Superficie de tierras convertidas en Pastizales (ha) – Acumulado 20 años	Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.	
		Pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados	No se dispone de información nacional sobre área de suelos forestales orgánicos drenados			

Fuente: Elaboración propia

Los principales datos de actividad provienen de la matriz de uso y cambio de uso de la tierra, elaborada para los biomas Amazonía, Costa y Sierra.

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, para la estimación de las emisiones de Carbono Orgánico del Suelo todos los niveles requieren información sobre áreas convertidas en asentamientos durante los 20 años anteriores al año del inventario (valor por defecto). Por otro lado, para estimar los otros reservorios. (BV y MOM), se requieren las superficies anuales de tierras convertidas en Asentamientos.

La superficie de tierras convertidas en asentamientos en los biomas de Amazonía, Costa y Sierra se presenta en la Tabla 63.

**Tabla 63. Superficie de tierras convertidas en asentamientos, 1997 - 2016**

Categoría de Uso de la Tierra		Categoría de Uso de la Tierra	Superficie (ha) Uso Inicial de la tierra
Uso Inicial de la tierra	Uso Inicial de la tierra		
TF	A	Amazonía	61,663.90
		Costa	417.20
		Sierra	361.98
Subtotal			62.443,08
TC	A	Amazonía	4,107.73
		Costa	684.32
		Sierra	2,380.68
Subtotal			7.172,72
P	A	Amazonía	15,821.21
		Costa	15,570.68
		Sierra	7,625.25
Subtotal			39.017,13
H	A	Amazonía	90.00
		Costa	118.26
		Sierra	74.12
Subtotal			282,38
OT	A	Amazonía	134.28
		Costa	11,217.92
		Sierra	1,198.62
Subtotal			12.550,82
TOTAL			121.466,12

Fuente: Elaboración propia

### 6.5.2.3. Factores de emisión y conversión

#### A. Factores de emisión

Las siguientes tablas brindan a detalle los factores de emisión utilizados para los cálculos de variación de carbono en el reservorio de biomasa viva, materia orgánica muerta y carbono orgánico del suelo.

**Tabla 64 Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio biomasa viva.**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Tierra forestal. Promedio ponderado de cuatro ecozonas de la Amazonía.	309.35	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa aérea de TF por conversión a P	MIDAGRI - SERFOR 2019
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Tierra forestal. Costa	21.87	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa aérea de TF por conversión a P	MIDAGRI - SERFOR 2019
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Tierra forestal. Sierra	52.87	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa aérea de TF por conversión a P	MIDAGRI - SERFOR 2019
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Pastizales, clima tropical húmedo y muy húmedo	10	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa viva de TC por conversión a P	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.1
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Asentamientos, Humedales y Otras Tierras	0	t m.s./ha	Valor por defecto referido en las guías.	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.1
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (t C/t m.s.)	0.47	t C/t m.s.	Este valor fue aplicado para usado para todas las estimaciones de pérdidas y ganancias de la biomasa	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 4, cuadro 4.3

Fuente: SERFOR 2019, Directrices del IPCC de 2006

**Tabla 65. Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio materia orgánica muerta**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Existencias de carbono en hojarasca y madera muerta para Bosque tropical húmedo	2.40 9.00	t C./ ha	La suma de estos valores fue aplicada para estimar las existencias de MOM en bosques del bioma Amazonía	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.2
Existencias de carbono en hojarasca y madera muerta para Bosque tropical seco	n.d. 3.30	t C./ ha	Este valor fue aplicado para estimar las existencias de MOM en bosques del bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.2
Existencias de carbono en hojarasca y madera muerta para Sistemas montañosos tropicales	5.90 8.00	t C./ ha	La suma de estos valores fue aplicada para estimar las existencias de MOM en bosques del bioma Sierra	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.2

\* Se emplearon factores de emisión de las Directrices de 2006 revisadas de 2019, por considerarse más actualizados y adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019

**Tabla 66. Valores del Carbono Orgánico de Referencia en los suelos y factores empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos AAA, región tropical húmeda	40	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos ABA, región tropical húmeda	38	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos de humedal, región tropical húmeda	68	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos AAA, región tropical seca	21	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos arenosos, región tropical seca	9	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos AAA, región montañoso tropical	51	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Sierra	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.5
Factores por defecto de variación de las reservas: FLU, FMG, FI para tierras de cultivo	0.83, 1.10, 0.92	Sin dimensión	Valores usados para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.10
Factores por defecto de variación de las reservas: FLU, FMG, FI para pastizales	1.00 1.00 1.00	Sin dimensión	Valores usados para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 6, cuadro 6.2

\* Se emplearon factores de emisión de las Directrices de 2006 revisadas de 2019, por considerarse más adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019

**6.5.2.4. Análisis de Incertidumbre**

La incertidumbre de los datos de actividad de la categoría tierras convertidas en asentamientos estuvo basados en valores por defecto de las OBP2003. Mientras que para la incertidumbre de los factores de emisión, se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019.

El valor resultante de la incertidumbre combinada es de 191,65 %. La Tabla 67 muestra los valores de incertidumbre combinada para esta categoría.

**Tabla 67. Incertidumbre de las emisiones de CO<sub>2</sub> para la categoría tierras convertidas en asentamientos.**

Código de categorías de fuentes 2006	Categorías de fuentes y sumideros	Gas	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{(E^2+F^2)}$
			%	%	%
3.B.5.b	Tierras convertidas en A	CO <sub>2</sub>	12,50	191,24	191,65

Fuente: Elaboración propia

Se presentan a continuación los valores de las incertidumbres de todos los parámetros que intervienen en la estimación de emisiones/remociones de la categoría Tierras convertidas en Asentamientos.

**Tabla 68. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras convertidas en asentamientos.**

Incertidumbre de los datos de actividad				
Parámetro	Límite inferior (%)	Límite superior (%)	Valor a utilizar (%)	Fuente
Superficie anual de tierras convertidas en asentamientos	10	15	12,5	OBP2003. Página 3,33

Fuente: OBP2003

Tabla 69. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la categoría tierras convertidas en asentamientos

Parámetro		Valor por defecto	Límite inferior	Límite superior	Valor a utilizar (%)	Fuente	
Existencias de carbono en madera muerta / hojarasca (t C/ha)	Bosque tropical seco	Depósitos de carbono en hojarasca (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	2,4	2,10 -13%	2,70 13%	12,50	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.2. Cuadro 2.2. Pág. 2.27 y 2.28
		Depósitos de carbono en madera muerta (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	9	1,30 -86%	17,30 92%	88,89	
	Bosque tropical húmedo	Depósitos de carbono en hojarasca (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	5,9	1,90 -68%	14,80 151%	109,32	
		Depósitos de carbono en madera muerta (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	8	1,20 -85%	21,20 165%	125,00	
	Sistema Montañoso Tropical	Depósitos de carbono en hojarasca (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación	ND	ND	ND	ND	
		Depósitos de carbono en madera muerta (t C ha <sup>-1</sup> ) para todo tipo de vegetación					
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> (t C/ha) (nombre del parámetro en hoja de datos)	Amazonía	Suelos AAA	±7%		7,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.2. Cuadro 2.3. Pág. 2.35	
		Suelos ABA	±5%		5,00		
		Suelos de Humedal	±17%		17,00		
	Costa	Suelos Arenosos	±9%		9,00		
		Suelos AAA	±5%		5,00		
Sierra	Suelos AAA	±10%		10,00			
Existencias de biomasa por defecto presentes en los asentamientos antes de la conversión			ND			Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.5. Cuadro 5.10. Pág. 5.45	
Factores relativos de cambios de existencia para diferentes actividades de gestión en tierras de cultivo	Uso de la tierra (Flu)		±11%		11,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.5. Cuadro 5.5. Pág. 5.27.	
	Laboreo (Fmg)		±5%		5,00		
	Entrada (Fi)		±14%		14,00		
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (t C/t m.s.)			0,47	0,44 -6%	0,49 4%	5,32	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.4. Pág. 4.57. Cuadro 4.3

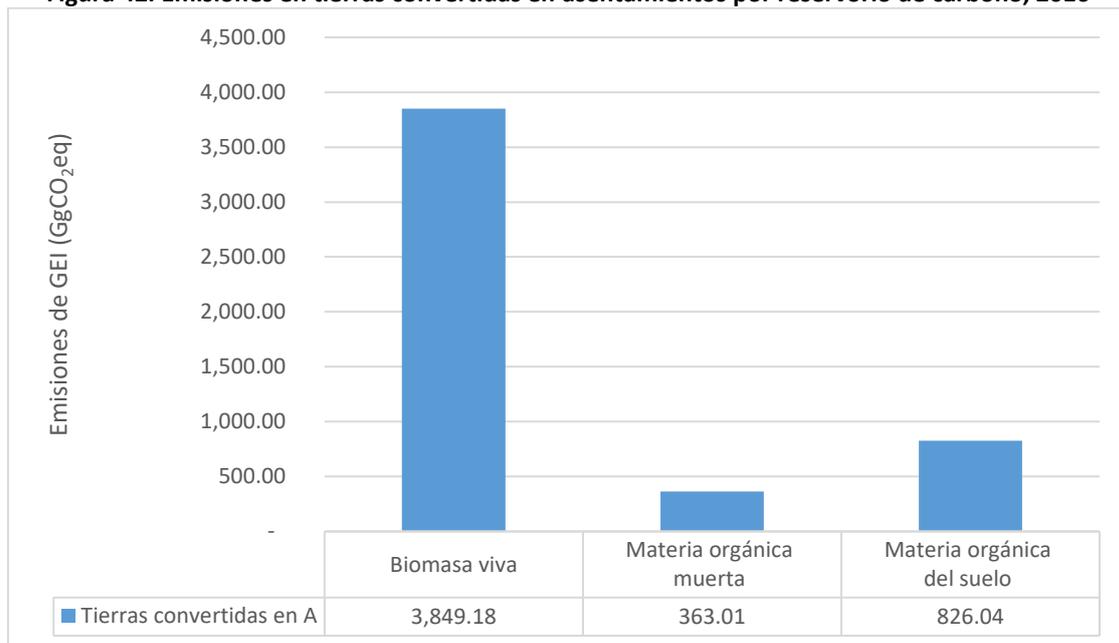
Fuente: Elaboración propia

**6.5.2.5. Análisis de resultados**

En el año 2016, las emisiones generadas en tierras convertidas en asentamientos fueron - 5,038.23 GgCO<sub>2</sub>eq, que representa el 4.62% de las emisiones del sector.

La Figura 42 presenta cómo se encuentran distribuidas las emisiones y remociones del año 2016 entre los reservorios de carbono, donde el 76.40% (3,849.18 GgCO<sub>2</sub>eq) de las emisiones corresponden a los cambios en las existencias de carbono en la biomasa viva (biomasa aérea y subterránea). La materia orgánica del suelo representa el 16.40% (826.04 GgCO<sub>2</sub>eq) y a materia orgánica muerta representa el 7.21% (363.01 GgCO<sub>2</sub>eq).

**Figura 42. Emisiones en tierras convertidas en asentamientos por reservorio de carbono, 2016**



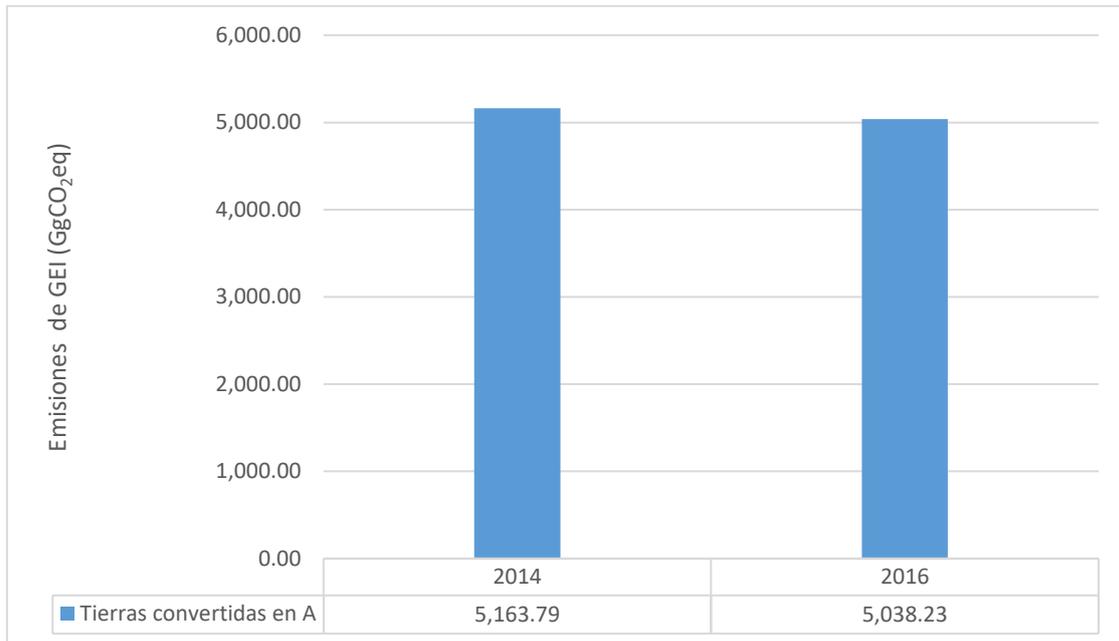
Fuente: Elaboración propia

**6.5.2.6. Actualización de serie temporal**

El Respecto a la evolución de las emisiones, en la

Figura 43 se aprecia que las emisiones del año 2016 disminuyeron en un 2.43% respecto al año 2014.

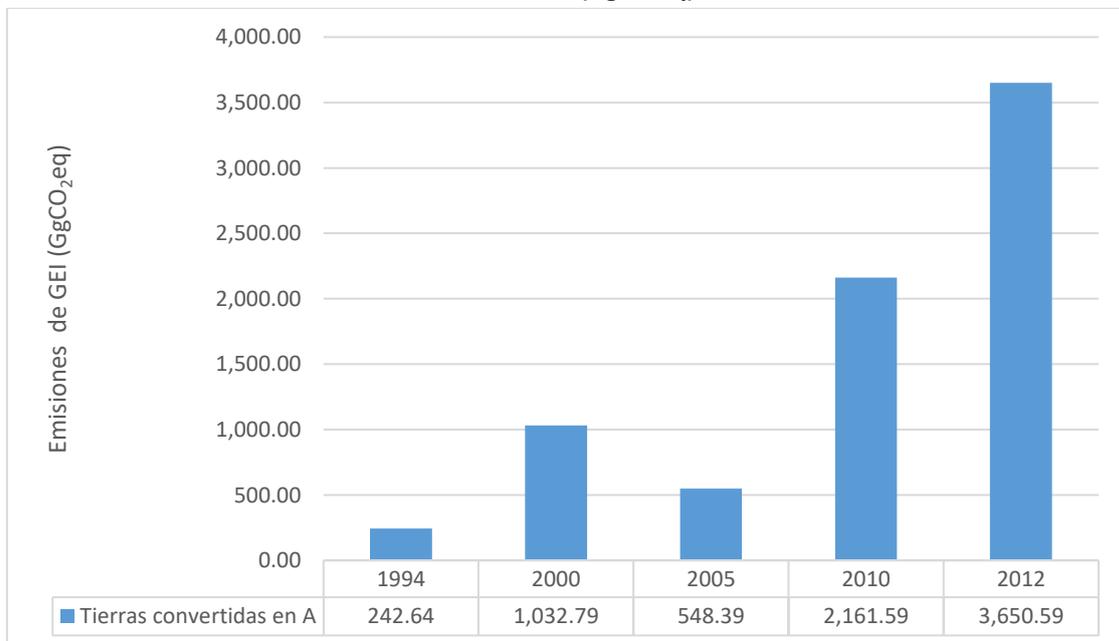
**Figura 43. Cambios en las emisiones de GEI de las tierras convertidas en asentamientos para el período 2014 – 2016 (GgCO<sub>2</sub>eq)**



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la Figura 44 presenta los resultados de las emisiones de los años 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994, siendo el 2012 (3,650.59 GgCO<sub>2</sub>eq) el año con mayores emisiones dentro del periodo analizado.

**Figura 44. Evolución de emisiones de GEI de las tierras convertidas en asentamientos para el período 2000 – 2012 (GgCO<sub>2</sub>eq)**



Fuente: Elaboración propia

## 6.6. Otras Tierras (3B6)

La categoría Otras Tierras engloba las superficies de suelos desprovistos de vegetación, las rocas, el hielo, etc., y todo tipo de áreas de tierra no incluidas en ninguna de las demás categorías de uso de la tierra. Su inclusión responde a la necesidad de contabilizar la totalidad la superficie del país en que se dispone de datos.

Esta subcategoría comprende la estimación de las emisiones y remociones de GEI debido a cambios en la biomasa, en la materia orgánica muerta y en el carbono orgánico del suelo en las tierras convertidas en otras tierras.

Para el presente RAGEI, las otras tierras, así como las tierras en otros usos, se estratifican de acuerdo con el tipo de bioma: Amazonía, Costa y Sierra.

### 6.6.1. Otras tierras que permanecen como otras tierras (3B6a)

De acuerdo a las Directrices del IPCC del 2006, la subcategoría otras tierras, a menudo, no corresponde a tierras que están gestionadas, por lo cual, no se estiman los cambios en las existencias de carbono. Sin embargo, todas las superficies de Otras tierras que permanecen como otras tierras deben ser incluidas en la matriz de cambios en el uso de la tierra, como forma de verificación de la superficie total nacional.

Por lo anterior, no se reportan emisiones de esta subcategoría.

### 6.6.2. Tierras convertidas en otras tierras (3B6b)

Las emisiones de GEI en las tierras convertidas en otras tierras comprenden la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo).

#### 6.6.2.1. Método de cálculo

##### A. Biomasa

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

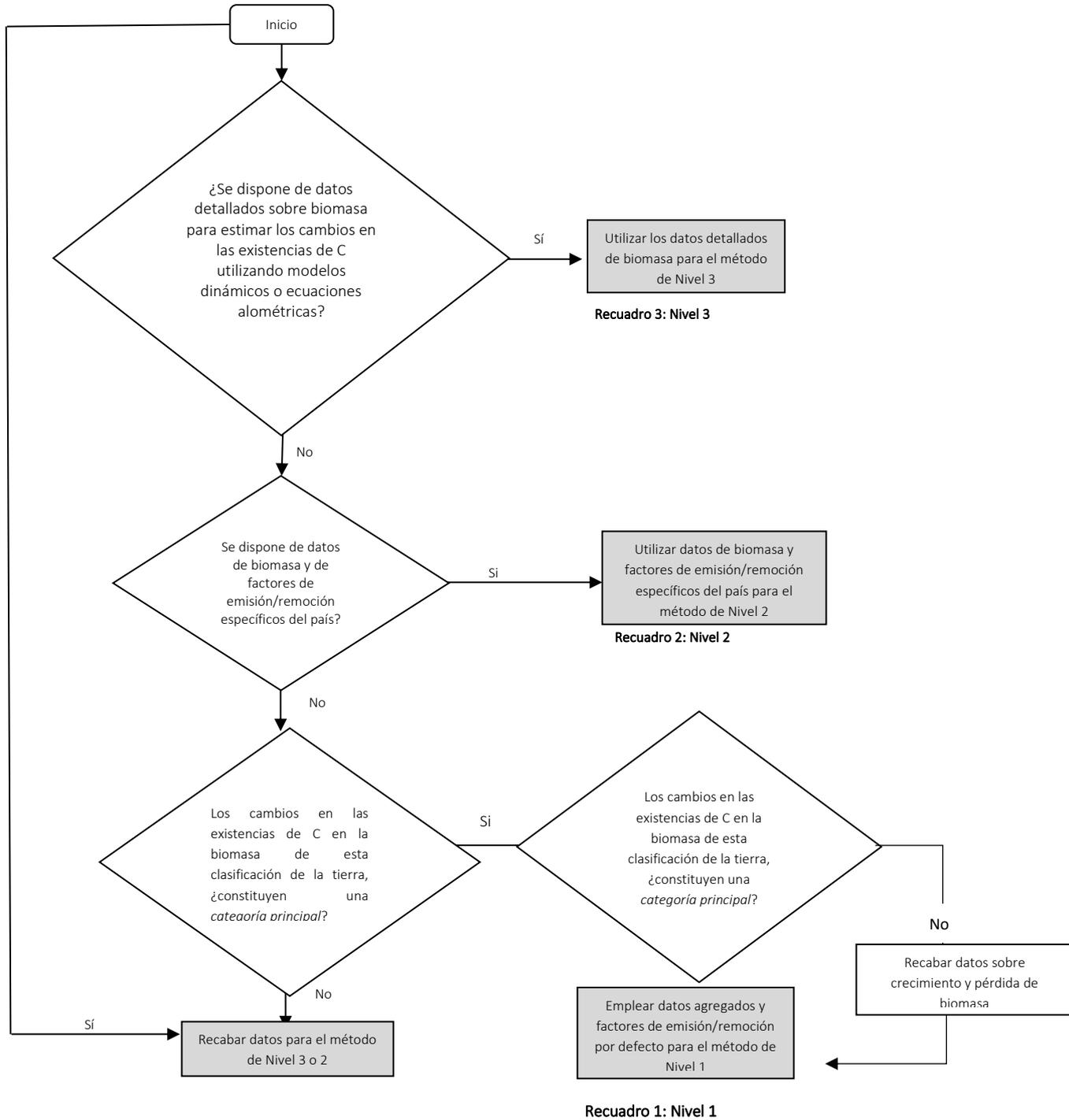
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión/remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos de biomasa y factores de emisión/remoción específicos del país.

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de biomasa.

La Figura 45 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 45. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en otras tierras.**



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

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

- Se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en otras tierras, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1 y Nivel 2, dependiendo de la disponibilidad de información nacional.

La estimación del cambio en las existencias de carbono en la biomasa se realiza aplicando la Ecuación 2.15 de las Directrices del IPCC de 2006.

**Ecuación 2.15. Cambio anual en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra**

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSIÓN} + \Delta C_L$$

Donde:

- $\Delta C_B$  = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_G$  = incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_{CONVERSIÓN}$  = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra
- $\Delta C_L$  = reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, t C año<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.22, Ecuación 2.15

La ecuación 2.16 de las Directrices del IPCC de 2006 es utilizada para estimar el incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa viva.

**Ecuación 2.16. Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra**

$$\Delta C_{CONVERSIÓN} = \sum_i \{ (B_{DESPUES_i} - B_{ANTES_i}) \times \Delta A_{A_OTRAS} \} \times CF$$

Donde:

- $\Delta C_{CONVERSIÓN}$  = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas en otra categoría de tierra, t C año<sup>-1</sup>
- $B_{DESPUES}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra  $i$  después de la conversión, t m.s. ha<sup>-1</sup>
- $B_{ANTES}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra  $i$  antes de la conversión, t m.s. ha<sup>-1</sup>
- $\Delta A_{A_OTRAS}$  = superficie de uso de la tierra  $i$  convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado, ha año<sup>-1</sup>
- $CF$  = fracción de carbono de materia seca, t C (t m.s.)<sup>-1</sup>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.22, Ecuación 2.16

**B. Materia orgánica muerta**

Según las Directrices del IPCC de 2006, con el Nivel 1, no se estima la MOM de las distintas categorías de uso de la tierra y, por ende, no hay que estimar emisiones ni remociones por parte de sumideros relacionados con la DOM con conversiones en Otras tierras.

## **C. Carbono del suelo**

### ***Suelos minerales***

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

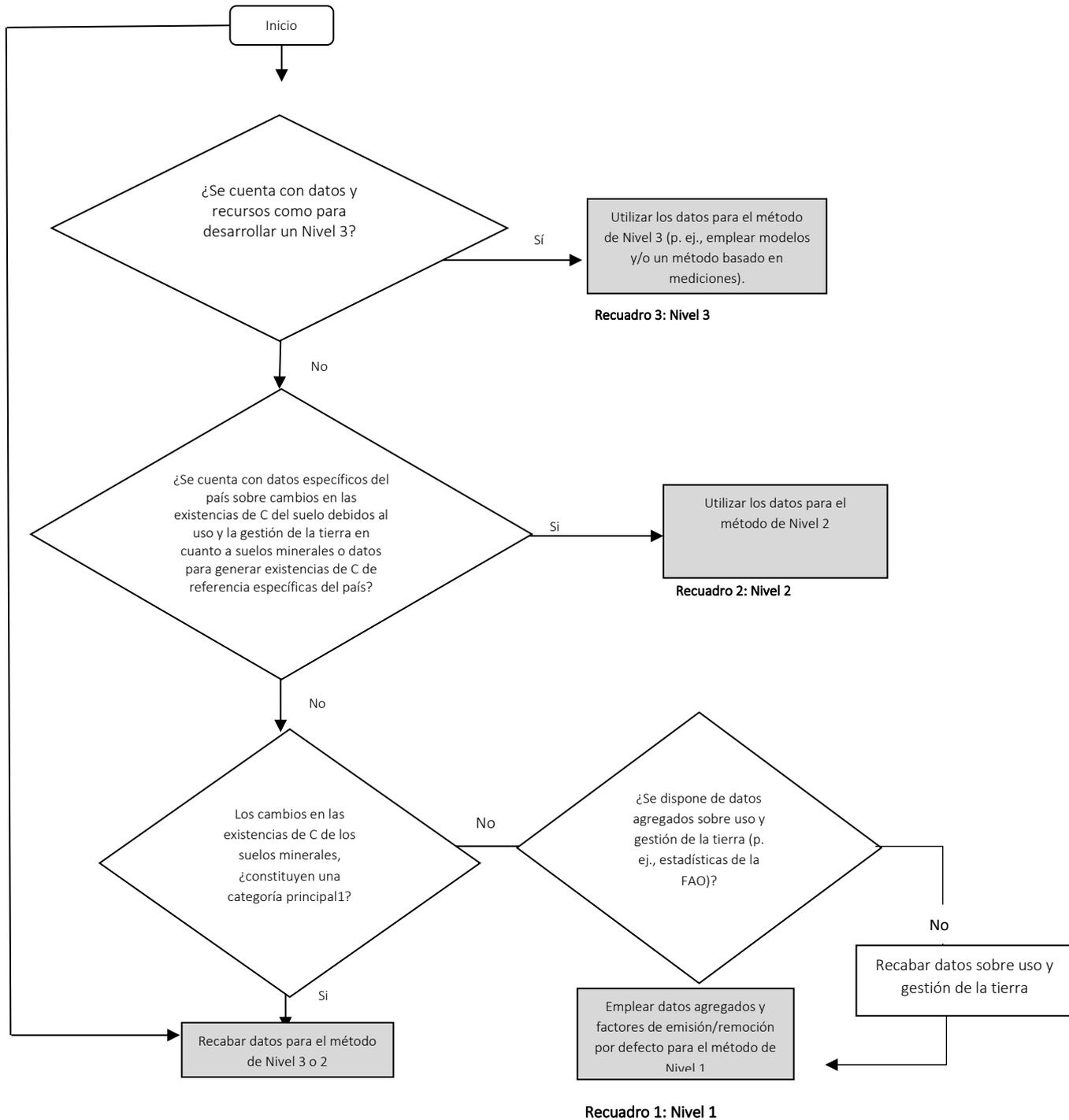
Nivel 1: Estima las emisiones empleando datos agregados y factores de emisión/remoción por defecto.

Nivel 2: Estima las emisiones utilizando datos específicos del país sobre cambios en las existencias de C del suelo debidos al uso y la gestión de la tierra en cuanto a suelos minerales o datos para generar existencias de C de referencia específicas del país

Nivel 3: Estima las emisiones utilizando datos detallados de basados en modelos y/o mediciones.

La Figura 46 muestra el árbol de decisiones de las Directrices del IPCC de 2006 que facilita la elección del nivel de cálculo apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en una categoría de uso de la tierra.

**Figura 46. Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales en tierras convertidas en otras tierras**



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

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

- No se cuenta con factores de emisión específicos del país.

Por lo anterior, las estimaciones de las emisiones cambios en las existencias de carbono en carbono orgánico en suelos en tierras convertidas en otras tierras, se realizan aplicando el método de cálculo de Nivel 1.

**Ecuación 2.25. Cambio anual en las existencias de carbono orgánico en suelos minerales**

$$\Delta C_{Minerales} = \frac{(SOC_o - SOC_{0-T})}{D}$$

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

(Nota: En esta ecuación, se utiliza T en lugar de D cuando T es  $\geq 20$  años)

Donde:

- $\Delta C_{Minerales}$  = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_o$  = existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>
- $SOC_{0-T}$  = existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario, t C año<sup>-1</sup>  
 $SOC_0$  y  $SOC(0-T)$  se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de carbono según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)
- T = cantidad de años de un período de inventario dado, año
- D = Dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año.  
 Habitualmente 20 años, pero depende de las hipótesis que se apliquen en el cálculo de los factores FLU, FMG y FI. Si T es mayor que D, úsese el valor de T para obtener la tasa anual de cambio durante el tiempo de inventario (0 – T años).
- c = representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de sistemas de gestión que se dan en un país dado.
- $F_{MG}$  = factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular, sin dimensión
- $F_{LU}$  = factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, sin dimensión
- $F_I$  = factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, sin dimensión

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Vol. 4, p. 2.34, Ecuación 2.25

**Suelos orgánicos**

No se dispone de información nacional sobre área de suelos forestales orgánicos drenados, por lo que el RAGEI 2016 no incluye las emisiones por este reservorio.

**6.6.2.2. Datos de actividad**

Los datos de actividad de esta subcategoría han sido obtenidos a partir de dos insumos: las matrices de uso y cambio de uso de tierras entre dos inventarios consecutivos, y las matrices de uso y cambio de uso de tierras que consideran un periodo de transición de 20 años para los biomas Amazonia, Costa y Sierra. La Tabla 70 presenta un resumen de los datos de actividad requeridos y las fuentes de información de donde fueron obtenidos, por cada reservorio de la subcategoría.

**Tabla 70. Descripción de los datos de actividad para el cálculo de las emisiones en Tierras convertidas en otras tierras**

Reservorios	Nivel de actividad IPCC	Detalle de Variaciones a Estimar	Datos de Actividad			
			Variable IPCC	Dato Nacional	Fuente de información	Comentarios
Biomasa Viva	Cambios de las existencias de carbono en la biomasa viva	Variación de las reservas de carbono por efecto de la conversión del uso de la tierra a Pastizales	Superficie bajo conversión hacia una nueva categoría de uso de suelo	Superficie de tierras convertidas en Otras Tierras	Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.	El PNCBMCC genera información para entender las trayectorias en el uso de la tierra. El módulo cuenta con información espacial para los periodos: 1995-2000, 2000-2005, 2005-2011, 2011-2013, 2013-2016. Estos mapas son la información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en el bioma Amazonía de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC. Asimismo, a partir de la información base, se construyó un modelo histórico para la reconstrucción de la serie histórica comprendida entre 1975 y 1995. La información base para la construcción de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra en los biomas de Costa y Sierra fue la información satelital descargada de la <i>European Space Agency</i> para los periodos 1994-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2012, 2012-2014, 2014 2016 y 2016-2014. Toda la información espacial descargada fue re proyectada y ajustada al territorio nacional y los límites de los biomas Costa y Sierra. Asimismo, se reclasificó la leyenda de acuerdo con las seis categorías de uso de la tierra del IPCC.
					<i>European Space Agency</i>	
Carbono orgánico del suelo	Cambios de las existencias de carbono de los suelos	Cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales	Superficie bajo conversión hacia una nueva categoría de uso de suelo	Superficie de tierras convertidas en otras tierras (ha) – Acumulado 20 años	Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Modulo Cambio de uso de la tierra.	
		Pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados	No se dispone de información nacional sobre área de suelos forestales orgánicos drenados			

Fuente: Elaboración propia

Los principales datos de actividad provienen de la matriz de uso y cambio de uso de la tierra, elaborada para los biomas Amazonía, Costa y Sierra.

La superficie de tierras convertidas en otras tierras en los biomas de Costa y Sierra se presenta en la Tabla 71.

**Tabla 71. Superficie de Tierras convertidas en otras tierras para el período 1997 - 2016**

Categoría de Uso de la Tierra		Categoría de Uso de la Tierra	Superficie (ha) Uso Inicial de la tierra
Uso Inicial de la tierra	Uso Inicial de la tierra		
TF	OT	Amazonía	7,099.69
		Costa	80,293.77
		Sierra	1,210.73
			<b>88.604,18</b>
TC	OT	Amazonía	588.29
		Costa	1,036.17
		Sierra	1,230.84
			<b>2.855,30</b>
P	OT	Amazonía	3,444.88
		Costa	138,784.05
		Sierra	38,730.83
			<b>180.959,75</b>
H	OT	Amazonía	507.11
		Costa	-
		Sierra	9.00
			<b>516,11</b>
A	OT	Amazonía	-
		Costa	-
		Sierra	-
<b>Subtotal</b>			<b>-</b>
<b>Total</b>			<b>272.935,35</b>

Fuente: Elaboración propia

### 6.6.2.3. Factores de emisión y conversión

#### A. Factores de emisión

Las Directrices del IPCC de 2006 brindan factores de emisión por defecto para todos los parámetros evaluados. Se utilizan parámetros nacionales donde se encuentren disponibles. La Tabla 72 brinda el detalle de los factores de emisión utilizados para los cálculos de variación de carbono.

**Tabla 72. Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio biomasa viva**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente	309.35	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de	MIDAGRI - SERFOR 2019

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
antes de la conversión, Tierra forestal. Promedio ponderado de cuatro ecozonas de la Amazonía.			biomasa aérea de TF por conversión a P	
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Tierra forestal. Costa	21.87	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa aérea de TF por conversión a P	MIDAGRI - SERFOR 2019
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Tierra forestal. Sierra	52.87	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa aérea de TF por conversión a P	MIDAGRI - SERFOR 2019
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Pastizales, clima tropical húmedo y muy húmedo	10.00	t m.s./ha	Valor empleado para estimar la pérdida de biomasa viva de TC por conversión a P	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.1
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, Asentamientos, Humedales y Otras Tierras	0.00	t m.s./ha	Valor por defecto referido en las guías.	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.1
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (t C / t m.s.)	0.47	t C / t m.s.	Este valor fue aplicado para usado para todas las estimaciones de pérdidas y ganancias de la biomasa	Directrices del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 4, cuadro 4.3

Fuente: SERFOR 2019 y Directrices del IPCC de 2006

Los factores de emisión para estimar las emisiones en el carbono orgánico del suelo se muestran en la Tabla 73.

**Tabla 73. Factores de emisión empleados para estimar emisiones de GEI en el reservorio carbono orgánico del suelo**

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos AAA, región tropical húmeda	40	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ , suelos ABA, región tropical húmeda	38	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono $COS_{REF}$ ,	68	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en

Factores	Valor	Unidad	Comentario	Fuente de información
suelos de humedal, región tropical húmeda			defecto de los suelos minerales en bioma Amazonía.	2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos AAA, región tropical seca	21	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos arenosos, región tropical seca	9	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Costa	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.5
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> , suelos AAA, región montañoso tropical	51	t C./ ha	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales en bioma Sierra	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 2, cuadro 2.5
Factores por defecto de variación de las reservas: FLU, FMG, FI para tierras de cultivo	0.83, 1.10, 0.92	Sin dimensión	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 5, cuadro 5.10
Factores por defecto de variación de las reservas: FLU, FMG, FI para pastizales	1.00 1.00 1.00	Sin dimensión	Valor usado para estimar el contenido de carbono orgánico por defecto de los suelos minerales	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019*, volumen 4, capítulo 6, cuadro 6.2

\* Se emplearon factores de emisión de las Directrices de 2006 revisadas de 2019, por considerarse más adecuados a las circunstancias de Perú.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019

#### 6.6.2.4. Análisis de Incertidumbre

La incertidumbre de los datos de actividad de la categoría Tierras convertidas en Otras Tierras estuvo basados en valores por defecto de las OBP2003. Mientras que, para la incertidumbre de los factores de emisión, se utilizaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 revisadas en 2019.

El valor resultante de la incertidumbre combinada es de 33,10%. La Tabla 74 muestra los valores de incertidumbre combinada para esta categoría.

**Tabla 74. Incertidumbre de las emisiones de CO<sub>2</sub> para la categoría tierras convertidas en otras tierras**

Código de categorías de fuentes 2006	Categorías de fuentes y sumideros	Gas	Incetidumbre en los datos de nivel de actividad	Incetidumbre en el factor de emisión	Incetidumbre combinada
			Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{(E^2+F^2)}$
			%	%	%
3.B.6.b	Tierras convertidas en OT	CO <sub>2</sub>	12,50	30,65	33,10

Fuente: Elaboración propia

Se presentan a continuación los valores de las incertidumbres de todos los parámetros que intervienen en la estimación de emisiones/remociones de la categoría tierras convertidas en otras tierras.

**Tabla 75. Incertidumbre asociada a los datos de actividad de la categoría tierras convertidas en otras tierras**

Parámetro	Límite inferior (%)	Límite superior (%)	Valor a utilizar (%)	Fuente
Superficie anual de tierras convertidas en otras tierras	10	15	12,5	OBP2003. Página 3,33

Fuente: OBP2003

**Tabla 76. Incertidumbre asociada a los factores de emisión de la categoría tierras convertidas en otras tierras**

Parámetro		Valor por defecto	Límite inferior	Límite superior	Valor a utilizar (%)	Fuente
Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea (t C /t m.s.)		0,47	0,44 -6%	0,49 4%	5,32	Directrices del IPCC de 2006. Vol.4 Cap.4. Pág. 4.57. Cuadro 4.3
Valor de referencia de las reservas de carbono COS <sub>REF</sub> (t C/ha)	Amazonía	Suelos AAA	±7%		7,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4. Cap.2. Cuadro 2.3. Pág. 2.35
		Suelos ABA	±5%		5,00	
		Suelos de Humedal	±17%		17,00	
	Costa	Suelos Arenosos	±9%		9,00	
		Suelos AAA	±5%		5,00	
	Sierra	Suelos AAA	±10%		10,00	
Existencias de carbono en la biomasa por defecto presente en otras tierras antes de la conversión		ND				Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.5. Cuadro 5.10. Pág. 5.45
Factores relativos de cambios de existencia para diferentes actividades de gestión en tierras de cultivo	Uso de la tierra (Flu)		±11%		11,00	Directrices del IPCC de 2006 Revisadas en 2019. Vol.4 Cap.5. Cuadro 5.5. Pág. 5.27.
	Laboreo (Fmg)		±5%		5,00	
	Entrada (Fi)		±14%		14,00	

Fuente: Elaboración propia

**6.6.2.5. Análisis de resultados**

En el año 2016, las emisiones generadas en tierras convertidas en otras tierras fueron -1,393.83 GgCO<sub>2</sub>eq, que en términos absolutos representa el 1.28% de las emisiones del sector.

La Figura 47 presenta cómo se encuentran distribuidas las emisiones y remociones del año 2016 entre los reservorios de carbono, donde el 85.38% (1,190.02 GgCO<sub>2</sub>eq corresponden a los cambios en las existencias de carbono en la materia orgánica del suelo. La biomasa viva representa el 14.62% (203.82 GgCO<sub>2</sub>eq).

**Figura 47. Distribución de las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> por reservorios de carbono, 2016**

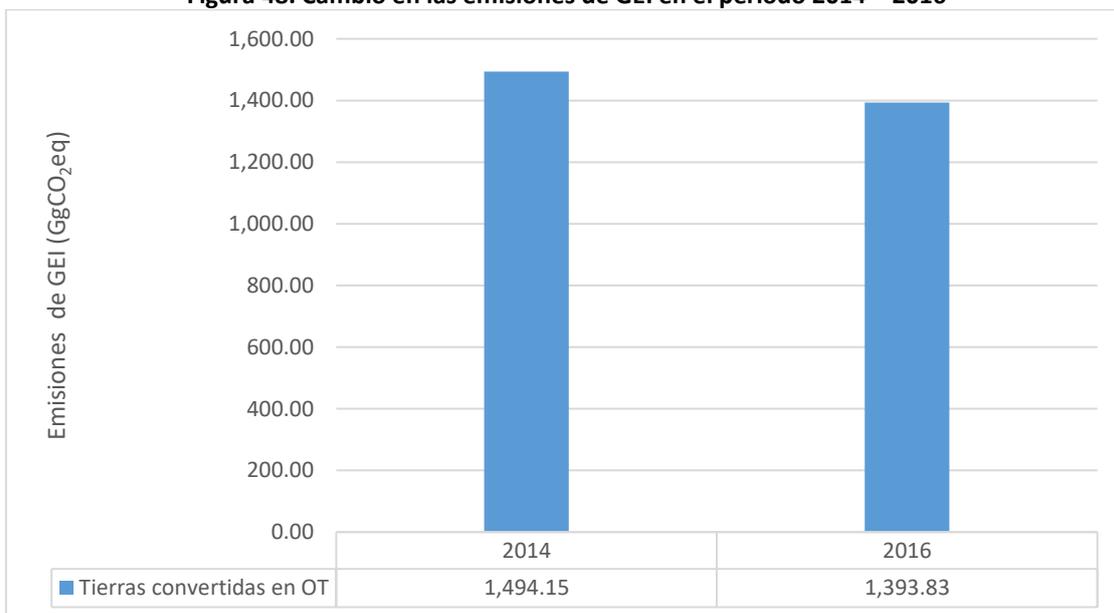


Fuente: Elaboración propia

**6.6.2.6. Actualización de serie temporal**

Respecto a la evolución de las emisiones, en la Figura 48 se aprecia que las emisiones del año 2016 disminuyeron en un 6.71% respecto al año 2014.

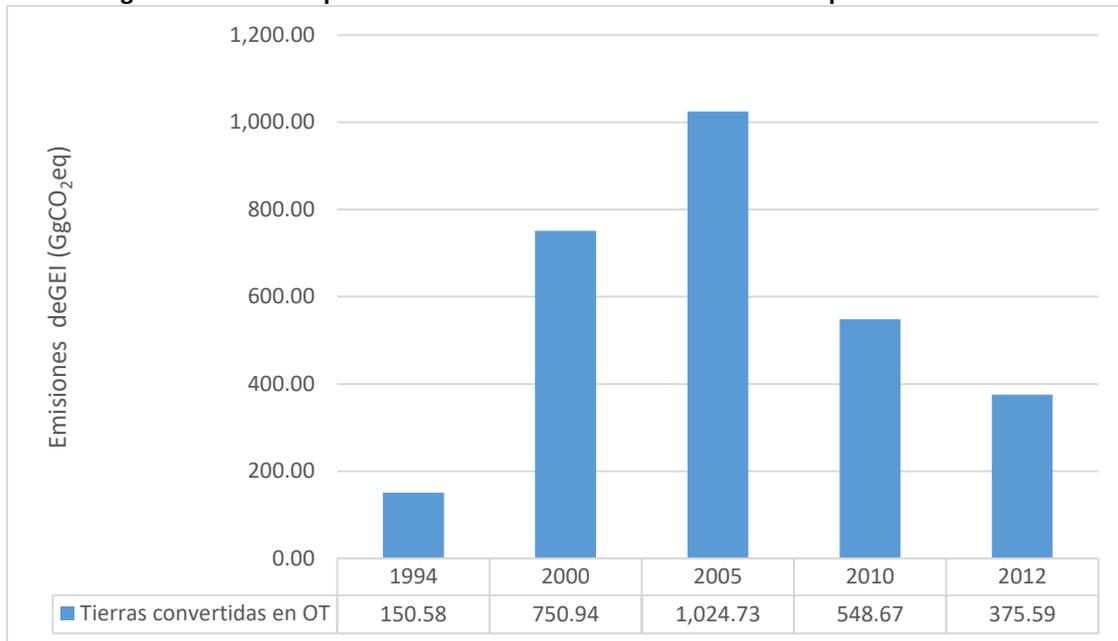
**Figura 48. Cambio en las emisiones de GEI en el periodo 2014 – 2016**



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la Figura 49 presenta los resultados de las emisiones de los años 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994, siendo el 2005 (1,024.73 GgCO<sub>2</sub>eq) el año con mayor emisión dentro del periodo analizado.

**Figura 49. Serie temporal de emisiones de emisiones de GEI en el periodo 1994 - 2012**



Fuente: Elaboración propia

## 6.7. Quemado de biomasa (3C1)

### 6.7.1. Quema de biomasa en tierras forestales (3C1a)

El sector UTCUTS incluye las emisiones de la quema de biomasa en Tierras Forestales (3.C.1.a). Sin embargo, durante el proceso de elaboración del RAGEI 2016, no se realizó la estimación ya que no se cuenta con información nacional de calidad para los datos de actividad que requieren las estimaciones de emisiones por quema de biomasa de Tierras forestales. La generación de datos de calidad se incluye en el plan de mejora del presente RAGEI.

## 7. CONTROL DE CALIDAD Y GARANTÍA DE LA CALIDAD

### 7.1. Control de calidad (CC)

El país, posee un procedimiento de control de 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.

Para el control de calidad, se aplicaron procedimientos generales y específicos que establecen las Directrices del IPCC de 2006.

El procedimiento de CC 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 CC.

Las actividades de CC 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 CC 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 CC, 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 presente RAGEI fue sometido a un proceso de control de calidad con el procedimiento descrito en el Anexo B. A continuación, en la Tabla 77 se proporcionan los principales hallazgos encontrados durante el control de calidad y el modo cómo han sido abordados.

**Tabla 77. Procedimientos de control de calidad específicos aplicados**

Subcategoría		Actividad de control de calidad	Procedimientos realizados
3B1	Tierras forestales	Verificar que los datos de actividad se han estratificado adecuadamente por regiones climáticas y tipos de suelos	Se ha verificado que las superficies de tierras en permanencias y conversiones se encuentren estratificadas por bioma (Amazonía, Costa y Sierra) según corresponda.
		Verificar que se han aplicado correctamente las clasificaciones/descripciones de la gestión	Se realizó la estratificación de la clase Tierras forestales que permanecen como tales, en áreas de bosque bajo manejo forestal, y otro bosque nativo.
		Verificar que los factores de cambio de las existencias de C, las	Se verificó que la asignación de factores de emisión se realizará adecuadamente y de

Subcategoría		Actividad de control de calidad	Procedimientos realizados
		existencias de C del suelo de referencia, las estimaciones de residuos (carga de combustible) y los factores de combustión y emisión de la quema de biomasa se han asignado adecuadamente	manera consistente entre todas las categorías de uso de la tierra.
		Verificar que el total de la superficie permanezca constante durante el período de inventario y las superficies por estrato sólo varía por uso de la tierra o por clasificación de gestión (el clima y los tipos de suelos deben permanecer constantes)	Se ha verificado que el total de la superficie nacional (129,426,589.44 ha) reportado en las matrices de uso y cambio de uso de la tierra permanezca constante a lo largo de la serie temporal.
		Si se emplean diferentes factores de emisión, parámetros y métodos para los distintos años, se debe verificar la documentarse las razones de tales cambios	Se han utilizado los mismos factores de emisión y parámetros para los distintos años. En el caso de los métodos de representación de las tierras se han utilizado diferentes métodos para los periodos 2014-2016 y 2000-2012, en los biomas Costa y Sierra. En el documento RAGEI de UTCUTS se ha detallado, de manera transparente las razones de tales cambios.
<b>3B2</b>	<b>Tierras de cultivo</b>	Verificar que la acumulación de superficies por estratos en las hojas de trabajo sea coherente con las estadísticas sobre el uso de la tierra	Se ha verificado que la suma de las superficies de los estratos (Amazonía, Costa y Sierra) sea coherente con el total de la superficie de la categoría tierras de cultivo.
<b>3B3.</b>	<b>Pastizales</b>	Verificar que la acumulación de superficies por estratos en las hojas de trabajo sea coherente con las estadísticas sobre el uso de la tierra	Se ha verificado que la suma de las superficies de los estratos (Amazonía, Costa y Sierra) sea coherente con el total de la superficie de la categoría pastizales.
<b>3B5</b>	<b>Asentamientos</b>	Verificar que la acumulación de superficies por estratos en las hojas de trabajo sea coherente con las estadísticas sobre el uso de la tierra	Se ha verificado que la suma de las superficies de los estratos (Amazonía, Costa y Sierra) sea coherente con el total de la superficie de la categoría asentamientos.
<b>3B6.</b>	<b>Otras tierras</b>	Efectuar un seguimiento permanente del total de la superficie de las tierras clasificadas como Otras Tierras dentro de las fronteras de cada país, y llevar registros transparentes sobre qué porciones se usan para estimar los cambios en las existencias de carbono.	Las matrices de uso y cambio de uso reportan la superficie de las permanencias y conversiones de la categoría Otras tierras. Asimismo, estas son incluidas para estimar los cambios de existencia de carbono en los reservorios correspondientes.

Fuente: Elaboración propia

**7.2. Garantía de calidad (GC)**

La Garantía de calidad (GC) es un sistema planificado de procedimientos de revisión efectuados por personal que no participa directamente del proceso de compilación/elaboración del inventario. Las revisiones, efectuadas preferiblemente por terceros independientes, se llevan a cabo sobre un inventario terminado, tras la puesta en práctica de los procedimientos de CC.

El presente RAGEI fue sometido a un proceso de revisión y garantía de calidad. Este procedimiento de garantía de revisión y garantía de la calidad fue realizado por el experto Walter Oyhantçabal, revisor de inventarios nacionales para el sector AFOLU.

La GC se enfocó principalmente en observar cómo se aplicaron las Directrices del IPCC de 2006 en este sector, que hasta el inventario de 2014 se reportaba utilizando las Directrices Revisadas del IPCC de 1996.

Se puso especial atención al alineamiento con las mencionadas Directrices y sus metodologías, así como a la Transparencia, la Exactitud, la Exhaustividad, la Coherencia y la Comparabilidad de las estimaciones.

A continuación, la Tabla 78 presenta los principales hallazgos encontrados durante la Garantía de Calidad y el modo cómo han sido abordados.

**Tabla 78. Procedimiento de garantía de calidad aplicado a las subcategorías del sector UTCUTS**

Tema/ Categoría/ Subcategoría	Hallazgos encontrados	Recomendaciones	Acciones implementadas en el RAGEI 2016
<b>Transparencia</b>	Las planillas finales del inventario en el sector Agricultura para el año 2016 <b>son transparentes</b> . Se incluye suficiente documentación clara para permitir que las personas o los grupos que no sean los compiladores del inventario entiendan qué métodos se usaron, qué fuentes para los datos de actividad, y los factores de emisión y otros parámetros necesarios. Esto permite que un interesado externo pueda reconstruir los resultados y pueda asegurarse de que cumplió con los requisitos de <i>buenas prácticas</i> para los inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero acorde a las Directrices del IPCC de 2006.		La versión final del RAGEI UTCUTS incluye las planillas completas para cada año inventario, desde 1994 hasta el 2016.
	No se presentan las planillas para los inventarios anteriores y se informa solo el cuadro general. Esto representa un problema de transparencia e impide juzgar la coherencia.	Incluir en el informe final para revisión final las planillas completas para cada año, desagregadas por fuentes (3C).	En el presente documento, se han listado las mejoras a aplicar en el INGEI 2018.
<b>Exactitud</b>	Para el IPCC la exactitud significa que las emisiones no son ni	No hay recomendaciones para UTCUTS	No se realizó ninguna acción

Tema/ Categoría/ Subcategoría	Hallazgos encontrados	Recomendaciones	Acciones implementadas en el RAGEI 2016
	<p>sobreestimadas ni subestimadas, hasta donde sea posible juzgar.</p> <p>La exactitud requiere esfuerzos para eliminar el sesgo de las estimaciones del inventario en la recolección de datos de actividad (véase, especialmente, el Capítulo 2, Métodos para la recopilación de datos, y el Capítulo 3, Incertidumbres, de los volúmenes 1 y 2 a 5).</p> <p>La revisión de las incertidumbres se hará junto con el informe de RAGEI. Con la información que contienen las planillas finales puede decirse que el inventario es tan exacto como Perú puede, en tanto que parece haber espacio para más mejora en la exactitud del Nivel 2 en 3A.</p>		
<b>Exhaustividad</b>	<p>El concepto de exhaustividad que define el IPCC significa que se declaran las estimaciones para todas las categorías pertinentes de fuentes y sumideros, y de gases. Las <i>Directrices de 2006</i> recomiendan las áreas geográficas comprendidas dentro del alcance del inventario nacional de gases de efecto invernadero y señalan que en los casos en los que falten elementos, se debe documentar claramente su ausencia junto con la respectiva justificación de la exclusión. Para facilitar estos aspectos el IPCC presenta orientaciones para Agricultura en los Volúmenes 2 y 4 de las Directrices.</p> <p>El inventario es mayormente completo, pero no es totalmente exhaustivo ya que algunas categorías de fuentes no han podido ser reportadas (por ejemplo, emisiones del encalado, emisiones asociadas a la quema de pastizales).</p>	<p>1) explicar en el RAGEI las razones de las no estimaciones (NE).</p> <p>2) Incluir en el plan de mejora la generación de datos de actividad para reportar esta fuente en el próximo inventario.</p>	<p>El presente documento detalla las razones por las que no se han reportado las emisiones en aquellas categorías reportadas como NE. Asimismo, se ha incluido en el plan de mejora su inclusión en el siguiente RAGEI.</p>
<b>Coherencia</b>	<p>La Coherencia es un atributo clave de un inventario para garantizar la coherencia de las series temporales de las estimaciones del inventario y establecer la confianza en las tendencias del inventario. El Capítulo 5 de las <i>Directrices de 2006</i></p>	<b>Recomendación: Ninguna</b>	No se realizó ninguna acción.

Tema/ Categoría/ Subcategoría	Hallazgos encontrados	Recomendaciones	Acciones implementadas en el RAGEI 2016
	<p>(Coherencia de la serie temporal), proporciona métodos para garantizar la coherencia de la serie temporal en los casos en los que no es posible utilizar el mismo método y/o los mismos datos para todo el período. Este capítulo también brinda una <i>orientación de buenas prácticas</i> sobre cuándo corresponde volver a calcular las estimaciones para los años anteriores y métodos para dar cuenta de los cambios producidos en las emisiones y remociones a través del tiempo.</p> <p>La revisión de las planillas preliminares de los inventarios anteriores a 2016 sólo contenía el cuadro general de resumen de emisiones por fuente siguiendo la clasificación de las Directrices de 2006. Las planillas finales están desagregadas debidamente para cada año de inventario.</p>		
<p><b>Comparabilidad</b></p>	<p>La Comparabilidad implica, según el IPCC, que se declara el inventario nacional de gases de efecto invernadero de forma tal que permite su comparación con los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de otros países.</p> <p><b>Hallazgo:</b> Las planillas para los años anteriores del inventario fueron recalculadas aplicando las Directrices del IPCC de manera adecuada. La selección adecuada de categorías principales (véase el Volumen 1, Capítulo 4) y en la utilización de la orientación y cuadros para generación de informes, y en el uso de la clasificación y definición de categorías de emisiones y remociones presentadas en el Cuadro 8.2 del Capítulo 8, y en los Volúmenes 2 a 5.</p>		<p>La versión final incluye las planillas completas para cada año inventario: 1994, 2000, 2005, 2010, 2012, 2014 y 2016.</p>

Fuente: Oyhatcabal, 2020

## 8. PLAN DE MEJORA

La Tabla 79 presenta las oportunidades de mejora propuestas para la elaboración de futuros RAGEI:

**Tabla 79. Acciones de mejora planificadas para futuros RAGEI**

N	Descripción de la acción de mejora propuesta	Impacto en la estimación de emisiones de la serie temporal u otros atributos del RAGEI	Nivel de avance en la implementación	Período de implementación
1	Incluir emisiones asociadas a quemas en tierras forestales.	Mayor exhaustividad en la estimación de emisiones de GEI en TTF.	MINAM viene trabajando el monitoreo de áreas quemadas en la Amazonía en el periodo 2001-2018, en el marco de la actualización del NREF.	Corto plazo
2	Concluir la representación de tierras en los biomas Costa y Sierra, completando la reconstrucción de la serie histórica entre los años 1994 – 1975.	Incluir la estimación del Carbono Orgánico del suelo en todo el territorio nacional.	Los biomas Costa y Sierra han sido representados utilizando un Método 1 de representación de las tierras.	Corto Plazo
3	Uso del Procedimiento 3 para la representación coherente de la tierra en los biomas de Costa y Sierra.	Completar las estimaciones de GEI para abarcar todo el territorio nacional.	Los biomas Costa y Sierra han sido representados utilizando un Método 1 de representación de las tierras.	Mediano plazo
4	Actualizar los resultados de la serie temporal 1994, 2000, 2005, 2010, y 2012.	Asegurar comparabilidad y coherencia de los resultados de toda la serie histórica.	Se logrará cuando se concluya la representación de tierras de Costa y Sierra con al menos un Método 2.	Mediano plazo
6	Incorporar estimaciones de la subcategoría Humedales.	Mejorar la exhaustividad del inventario.	No se han iniciado acciones de implementación.	Largo plazo
7	Incorporar estimaciones de Productos de madera Recolectada.	Mejorar la exhaustividad del inventario.	No se han iniciado acciones de implementación.	Mediano plazo
8	Generar parámetros nacionales asociados a la estimación de cambios en las existencias del carbono orgánico del suelo, con énfasis en tierras de cultivo y pastizales.	Passar a un Nivel 2 en la estimación del carbono orgánico del suelo.	No se han iniciado acciones de implementación.	Largo plazo

Fuente: Elaboración propia

## 9. BIBLIOGRAFIA

- CCI *Product Use Guideversion 2.0 Land Cover* (2015). Recuperado de: [http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2\\_2.0.pdf](http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2_2.0.pdf)
- Forest Stewardship Council (2016). Superficies de concesiones para aprovechamiento forestal maderable con certificación de Manejo Forestal, año 2016. Lima-Perú. Recuperado de <https://pe.fsc.org/es-pe/nuestro-impacto/datos-y-cifras>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (s/f). Estadísticas de Población y Vivienda. Recuperado de <https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/#url>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (s/f). Estadísticas de Población y Vivienda. Recuperado de <https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/medio-ambiente/>
- Ministerio de Agricultura y Riego. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas (2020). Superficie instalada de cultivos perennes por departamento en el año 2016. Enviado mediante EMAIL N.º 21-2020-MINAGRI-DGESEP/DEA-AD de fecha 01 de octubre de 2020.
- Ministerio de Agricultura y Riego. SERFOR 2019. Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú. Panel 1. Recuperado de: <https://www.serfor.gov.pe/portal/wp-content/uploads/2020/03/INFORME-DEL-INFFS-PANEL-1.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (2018). Anuario forestal y de fauna silvestre 2016. Recuperado de <https://www.serfor.gov.pe/wp-content/uploads/2018/05/Anuario-2016.pdf>
- Ministerio del Ambiente. Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Módulo de Monitoreo de la Cobertura de Bosque. Recuperado de: <http://geobosques.minam.gob.pe:81/geobosque/view/>
- Nivel de Referencia de Emisiones Forestales por Deforestación (NREF). Disponible en: [https://redd.unfccc.int/files/frel\\_submission\\_peru\\_modified.pdf](https://redd.unfccc.int/files/frel_submission_peru_modified.pdf)
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Switzerland. Recuperado de: *The Intergovernmental Panel on Climate Change* <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (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/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (1995). Segundo Reporte de Evaluación IPCC (AR2 por sus siglas en inglés). Potencial de calentamiento global (PCG) de metano y óxido nitroso. Tabla 4, página 22. Recuperado de: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_sar\\_wg\\_i\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_sar_wg_i_full_report.pdf)

10. ANEXOS

**Anexo A: Datos del responsable del RAGEI**

Datos	Descripción
Nombres y Apellidos	Rosa Morales Saravia
Cargo	Directora General
Correo Electrónico	rmorales@minam.gob.pe
Teléfono - Anexo	51-209-8800 – Anexo 4101
Dirección	Dirección General de Cambio Climático y Desertificación
Institución	Ministerio del Ambiente

**Anexo B: Juicio de expertos**

Proporción de plantaciones forestales instaladas dentro de las Tierras convertidas en Tierras Forestales

- Juicio de Expertos de Víctor Barrena, Docente de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM [ybarrena@lamolina.edu.pe](mailto:ybarrena@lamolina.edu.pe), Valor proporcional de representatividad de plantaciones forestales dentro de las tierras convertidas en tierras forestales.
- Juicio de Expertos de Ignacio Lombardi, Ex-Docente de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM [ilombardi@lamolina.edu.pe](mailto:ilombardi@lamolina.edu.pe), Valor proporcional de representatividad de plantaciones forestales dentro de las tierras convertidas en tierras forestales

**Anexo C: Procedimiento de control de calidad**

**Tabla 80. 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"> <li>▪ 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.</li> </ul>
Verificar si existen errores de transcripción en los datos de entrada y la referencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Confirmar que las referencias de datos bibliográficos estén debidamente citadas en la documentación interna.</li> <li>▪ 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.</li> <li>▪ Utilizar datos electrónicos siempre que sea posible para minimizar los errores de transcripción.</li> <li>▪ Comprobar que las funciones de las hojas de cálculo se utilicen para minimizar los errores de entrada/usuario:</li> <li>▪ Evitar la programación de factores como fórmulas.</li> <li>▪ Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.</li> <li>▪ Usar la protección de celdas para que los datos fijos no sean modificados de manera accidental.</li> </ul>

Actividad de CC	Procedimientos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realizar controles automáticos, como los controles informáticos para cálculos o controles de rango de los datos de entrada.</li> </ul>
<p>Verificar que las emisiones/remociones se estimen correctamente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reproducir una muestra representativa de los cálculos de las emisiones/remociones.</li> <li>▪ 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.</li> </ul>
<p>Verificar que las unidades de emisiones/remociones y parámetros se registren correctamente y que los factores de conversión se utilicen de manera apropiada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar que las unidades estén correctamente etiquetadas en las hojas de cálculo.</li> <li>▪ Verificar que las unidades se transporten correctamente desde el principio hasta el final de los cálculos.</li> <li>▪ Verificar que los factores de conversión sean correctos.</li> <li>▪ Verificar que los factores de ajuste temporal y espacial se utilicen correctamente.</li> </ul>
<p>Verificar la integridad de los archivos de base de datos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Confirmar que los pasos de procesamiento de datos apropiados estén correctamente representados en la base de datos.</li> <li>▪ Confirmar que las relaciones de datos estén correctamente representadas en la base de datos.</li> <li>▪ Asegurar que los campos de datos estén correctamente etiquetados y cuenten con las correctas especificaciones de diseño.</li> <li>▪ Asegurar que la documentación adecuada de la operación, la estructura del modelo y la base de datos sean archivadas.</li> </ul>
<p>Verificar la coherencia de los datos entre las categorías.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 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.</li> </ul>
<p>Verificar que el movimiento de datos de inventario entre los pasos de procesamiento sea correcto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 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.</li> <li>▪ Verificar que los datos de emisiones/remociones se transcriban correctamente en los diferentes productos intermedios.</li> </ul>
<p>Revisar el archivo y la documentación interna.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar que existe documentación interna detallada para respaldar las estimaciones y permitir la duplicación de los cálculos.</li> <li>▪ 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).</li> <li>▪ Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.</li> <li>▪ Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.</li> <li>▪ Verificar la integridad de los arreglos relacionados al archivo de datos de las organizaciones externas que participan en la elaboración del inventario.</li> </ul>
<p>Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.</li> <li>▪ Verificar la coherencia en el método/algorithm utilizado para los cálculos en la serie temporal.</li> <li>▪ Reproducir una muestra representativa de los cálculos de emisiones para garantizar su exactitud matemática.</li> </ul>

Actividad de CC	Procedimientos
Verificar la coherencia de la serie temporal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.</li> <li>▪ Verificar la coherencia en el método/ algoritmo utilizado para los cálculos en la serie temporal.</li> <li>▪ Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.</li> <li>▪ Verificar que los efectos de las actividades de mitigación se reflejen adecuadamente en los cálculos de la serie temporal.</li> </ul>
Verificar la exhaustividad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 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.</li> <li>▪ En relación con las subcategorías, confirmar que toda categoría sea cubierta.</li> <li>▪ Facilitar una definición clara de las categorías de ‘Otro’ tipo.</li> <li>▪ 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’).</li> </ul>
Revisiones de tendencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 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.</li> <li>▪ 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?</li> <li>▪ Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo D: Procedimiento de garantía de calidad

**Tabla 81. Procedimiento de garantía de calidad aplicado a las subcategorías del sector UTCUTS**

Tema/ Categoría/ Subcategoría	Hallazgos encontrados	Recomendaciones	Acciones implementadas en el RAGEI 2016
<b>I. Aspectos generales</b>			
<p>¿Se usan las Directrices del 2006 (y sólo cuando es justificado su refinamiento de 2019)?</p>	<p>Hasta 2014 Perú reportaba este sector de su inventario utilizando las Directrices Revisadas de 1996 del IPCC. Estas directrices aún se pueden utilizar, de acuerdo con las Decisiones vigentes de la COP de la CMNUCC. Sin embargo, Perú se planteó dar el salto en Agricultura a Directrices más actuales y completas como son las del IPCC de 2006.</p> <p>Desde la perspectiva de este proceso de consultoría corresponde felicitar a Perú por esta decisión aún no obligatoria, enfrentando los desafíos del cambio de metodología y la mejora de la exactitud y exhaustividad de su inventario.</p> <p><b>Hallazgo anterior:</b> Se aplicaron íntegramente y de manera correcta las Directrices del IPCC de 2006. En la mayoría de las fuentes se utilizan métodos de Nivel 1. En algunos casos se emplearon factores de las Directrices de 2006 Revisadas en 2019, por considerarse más adecuados a las circunstancias de Perú.</p> <p>En algunos sitios aislados de las planillas preliminares “sobrevivían” <b>menciones a las Directrices de 1996, y OBP de 2000</b> que deben eliminarse.</p>	<p><b>Se recomienda</b> que Perú justifique en el informe de RAGEI por qué consideró más adecuado usar los valores de las Directrices de 2006 Revisadas en 2019. Por ejemplo, Perú puede explicar que como muchos países no Anexo I ha decidido utilizar las Directrices del IPCC de 2006 aprobadas por la CMNUCC, y que, si bien el refinamiento de 2019 aún no fue aprobado por la CMNUCC, entiende que se trata las mismas Directrices de 2006 solo que actualizadas recogiendo nueva literatura científica revisada por pares y por lo tanto más apropiada para los casos en que no se cuenta con factores, parámetros o métodos específicos de Perú. En la justificación se puede hacer referencia a las Decisiones 17/CP.8 y 2/CP.17 de la COP de la CMNUCC.</p>	<p><b>Verificar</b> en el informe RAGEI 2016 si Perú justifica el uso de factores tomados de las Directrices de 2019.</p>
UTCUTS			

Tema/ Categoría/ Subcategoría	Hallazgos encontrados	Recomendaciones	Acciones implementadas en el RAGEI 2016
Representación coherente de la tierra	<p><b>Hallazgo anterior:</b> Perú encaró para el RAGEI 2016 un ambicioso trabajo de mejora de la representación coherente de las tierras, en línea con las Directrices del IPCC de 2006. Se armó un equipo especializado en la tarea, de tres personas, que durante varios meses de intenso trabajo y aplicando métodos de Nivel 2 y 3 logró una representación del uso y cambio del uso de la tierra para la totalidad de la superficie oficial del país, dividida en tres biomas: Amazonía, Costa y Sierra. Se destaca que, para la Amazonía, se logró reconstruir el uso y cambio de uso con el método 2 hasta el año 1975, evitando de esta manera introducir sesgos en el año base 1994. Estas mejoras representan un salto enorme en la calidad y exhaustividad del inventario de Perú en el sector UTCUTS.</p>	<p>En suma, las matrices recomendadas fueron:</p> <p>a)1975-1994. Esta matriz es fundamental para estimar las emisiones y remociones por uso y cambio de uso sin incurrir en el sesgo de asumir que en el año base no hay cambios de uso.</p> <p>b)1994-2000 c)2000-2005 d)2005-2010 e)2010-2012 f)2012-2014 g)2014-2016, y h)1997-2016 (para disponer de los 20 años requeridos)</p>	<p><b>Resuelto en parte importante:</b></p> <p>a)1975-1994: Si, para la Amazonía, no para Costa y Sierra. b)1994-2000: No c)2000-2005; no d)2005-2010: No e)2010-2012: No f)2012-2014: No g)2014-2016: Si, para los tres biomas y el total del país. h)1997-2016: Si, para los tres biomas y el total del país.</p>
3B1a	<p><b>Nuevo hallazgo 1:</b> Incluir el área de plantaciones en Costa y Sierra en TF-TF y estimar ganancias y pérdidas.</p>	<p><b>Recomendación:</b> las áreas de las categorías tierras convertidas en tierras forestales en Costa y Sierra, que no cuentan con matrices (método 2 o 3), pueden reportarse en esta categoría TF-TF, si bien son otras tierras convertidas en TF, según permiten las Directrices del IPCC: <i>"If land use data are not sufficient to support Approach 2 (see below), where the total (gross) land conversion areas can be quantified, the emissions and removals may be reported in the "land remaining in the same land-use category" (as specified in Table 3.2). This is because the data may only be sufficient to identify the net change in the area of each land-use</i></p>	<p>A resolver</p>

Tema/ Categoría/ Subcategoría	Hallazgos encontrados	Recomendaciones	Acciones implementadas en el RAGEI 2016
		<p><i>category and not the total effect of all land conversions. <b>However</b>, in general, the methods for both <b>soils and biomass</b> related emissions estimation require land area data categorized by “lands remaining” and “converted to” categories and thus it is desirable to do this if possible, even if this is done using expert judgment”.</i></p>	
	<p><b>Nuevo hallazgo 2:</b> Uso del término “Bosque natural gestionado” se presta a confusión. Según el IPCC, las tierras <b>gestionadas</b> son las únicas que se incluyen en el inventario de emisiones antropogénicas.</p>	<p><b>Recomendación:</b> Evitar la denominación que puede llevar a confusión: “Bosques gestionados”. Se sugiere utilizar, por ejemplo: “Bosques naturales sin manejo forestal” y Bosques naturales con manejo forestal.</p>	
<p><b>3B1b</b></p>	<p><b>Nuevo hallazgo 1:</b> Las columnas D y E deben ser revisadas.</p>	<p><b>Recomendación 1:</b> En esta hoja, en Amazonía se debería utilizar la notación “NO” (No ocurre) para el cambio de otras tierras a TF. Y se debería utilizar la notación “IE” o sea reportado en otra parte para los datos que se incluyan en 3B1a.</p>	
	<p><b>Nuevo hallazgo 2:</b> No es claro si todos los cambios de otras tierras a tierras forestales corresponden a plantaciones y/o a regeneración de bosque nativo. Si son plantaciones: ¿hay extracción de madera mediante tala? ¿Hay otras fuentes de pérdidas (leña, perturbaciones)?</p>	<p><b>Recomendación 2:</b> Verificar el hallazgo 2 a efectos de la transparencia y la exactitud.</p>	
<p><b>3B2a</b></p>	<p>Nuevo hallazgo: se multiplica el total del área de cultivos perennes leñosos, y no el área en crecimiento. Recomendación: Discriminar área en crecimiento y área madura.</p>		<p><b>A resolver</b></p>

Tema/ Categoría/ Subcategoría	Hallazgos encontrados	Recomendaciones	Acciones implementadas en el RAGEI 2016
3B2b	<b>Nuevo hallazgo:</b> La superficie de conversión del uso, para todas las categorías de uso de la tierra, en el periodo debe incluir la sumatoria de áreas durante <b>20 años</b> (valor IPCC por defecto) y no el cambio entre 2014-2016.	<b>Recomendación:</b> ajustar las áreas en forma acorde.	<b>A resolver</b>
3B3a	<b>Nuevo hallazgo:</b> Para el cálculo del cambio en el COS se usa el valor 0,9 de las Directrices de 2006 Revisadas en 2019. Este valor corresponde a: <i>“Represents high intensity grazing systems (or cutting and removal of vegetation) with shifts in vegetation composition and possibly productivity but is not severely degraded”</i> ¿Cómo justifica Perú la elección de 0,9? ¿Es posible decir que en 36 millones de hectáreas hay alta intensidad de pastoreo, durante 20 años? El uso de 0,9 significa emisiones.	<b>Recomendación:</b> Revisar este factor. Adoptar un nivel 1 parecería más conservador, en el sentido de ni subestimar ni sobre estimar emisiones. Si se usa Nivel 1, es válido asumir que el COS está estabilizado. En cambio, si parece lógico asumir cambios del COS en las tierras que están en conversión a otros usos.	<b>A revisar en el RAGEI</b>
3B3b	<b>Nuevo hallazgo:</b> Para el cálculo del cambio en el COS se usa el valor 0,9 de las Directrices de 2006 Revisadas en 2019. Este valor corresponde a: <i>“Represents high intensity grazing systems (or cutting and removal of vegetation) with shifts in vegetation composition and possibly productivity but is not severely degraded”</i> ¿Cómo justifica Perú la elección de 0,9? ¿Es posible decir que el las TF que pasan a Pastizales hay alta intensidad de pastoreo, durante 20 años? El uso de 0,9 significa emisiones.	<b>Recomendación:</b> Revisar el supuesto u justificarlo en el RAGEI	<b>Verificar en el RAGEI</b>
3B4a	<b>Nuevo hallazgo:</b> “NE” significa un posible problema de exhaustividad. Las Directrices de 2006 proveen metodologías parciales para humedales. Las Directrices de 2006 Revisadas en 2019, proveen métodos más completos, aunque aún no es mandatorio usar estas Directrices. Sin embargo, la restricción principal que informa Perú es en los <b>datos de actividad</b> .	<b>Recomendación:</b> Incluir en el plan de mejora el desarrollo de actividad para esta categoría, con miras a informar esta categoría (no principal) en el RAGEI 2018 con un Nivel 1.	<b>No es posible solucionar. Incluir en el plan de mejora</b>
3B4b	<b>Hallazgo: ídem 3B4a</b>		<b>ídem 3B4a</b>
3B5a	<b>Hallazgo: ídem 3B4a</b>		<b>ídem 3B4a</b>

Tema/ Categoría/ Subcategoría	Hallazgos encontrados	Recomendaciones	Acciones implementadas en el RAGEI 2016
<b>3B5b</b>	<b>Sin observaciones</b>		Sin observaciones
<b>Resumen de "Transparencia"</b>	<p><b>Hallazgo 1:</b> Las planillas finales del inventario en el sector Agricultura para el año 2016 <b>son transparentes</b>. Se incluye suficiente documentación clara para permitir que las personas o los grupos que no sean los compiladores del inventario entiendan qué métodos se usaron, qué fuentes para los datos de actividad, y los factores de emisión y otros parámetros necesarios. Esto permite que un interesado externo pueda reconstruir los resultados y pueda asegurarse de que cumplió con los requisitos de <i>buenas prácticas</i> para los inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero acorde a las Directrices del IPCC de 2006.</p>		<b>Resuelto</b> los hallazgos 1 y 2 en las planillas finales. <b>Verificar</b> en el Informe de RAGEI
	<p><b>Hallazgo 2:</b> No se presentan las planillas para los inventarios anteriores y se informa solo el cuadro general. Esto representa un problema de transparencia e impide juzgar la coherencia.</p>	<b>Recomendación:</b> incluir en el informe final para revisión final las planillas completas para cada año, desagregadas por fuentes (3A y 3C).	
<b>Resumen de "Exactitud"</b>	<p>Para el IPCC la exactitud significa que las emisiones no son ni sobreestimadas ni subestimadas, hasta donde sea posible juzgar. La exactitud requiere esfuerzos para eliminar el sesgo de las estimaciones del inventario en la recolección de datos de actividad (véase, especialmente, el Capítulo 2, Métodos para la recopilación de datos, y el Capítulo 3, Incertidumbres, de los volúmenes 1 y 2 a 5). La revisión de las incertidumbres se hará junto con el informe de RAGEI</p> <p><b>Hallazgo:</b> Con la información que contienen las planillas finales puede decirse que el inventario es tan exacto</p>	<b>Recomendación:</b> La exactitud de la estimación de las emisiones de la fermentación entérica en <b>"Otros ganados"</b> y <b>"Vacas lecheras"</b> , con Nivel 2 puede mejorarse en futuros inventarios y se sugiere jerarquizar este tema en el plan de mejora del inventario de 2018.	<b>Verificar al revisar el informe de RAGEI</b>

Tema/ Categoría/ Subcategoría	Hallazgos encontrados	Recomendaciones	Acciones implementadas en el RAGEI 2016
	<p>como Perú puede, en tanto que parece haber espacio para más mejora en la exactitud del Nivel 2 en 3A.</p>		
<p><b>Resumen de “Exhaustividad”</b></p>	<p>El concepto de exhaustividad que define el IPCC significa que se declaran las estimaciones para todas las categorías pertinentes de fuentes y sumideros, y de gases. Las <i>Directrices de 2006</i> recomiendan las áreas geográficas comprendidas dentro del alcance del inventario nacional de gases de efecto invernadero y señalan que en los casos en los que falten elementos, se debe documentar claramente su ausencia junto con la respectiva justificación de la exclusión. Para facilitar estos aspectos el IPCC presenta orientaciones para Agricultura en los Volúmenes 2 y 4 de las <i>Directrices</i>.</p> <p><b>Hallazgo:</b> el inventario es mayormente completo, pero no es totalmente exhaustivo ya que algunas categorías de fuentes no han podido ser reportadas (por ejemplo, emisiones del encalado, emisiones asociadas a la quema de pastizales).</p>	<p><b>Recomendaciones:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) explicar en el RAGEI las razones de las no estimaciones (NE).</li> <li>2) Incluir en el plan de mejora la generación de datos de actividad para reportar esta fuente en el próximo inventario.</li> </ol>	<p><b>No resuelto</b> en las emisiones del encalado de suelos y de la quema.</p>
<p><b>Resumen de Coherencia</b></p>	<p>La Coherencia es un atributo clave de un inventario para garantizar la coherencia de las series temporales de las estimaciones del inventario y establecer la confianza en las tendencias del inventario. El Capítulo 5 de las <i>Directrices de 2006</i> (Coherencia de la serie temporal), proporciona métodos para garantizar la coherencia de la serie temporal en los casos en los que no es posible utilizar el mismo método y/o los mismos datos para todo el período. Este capítulo también brinda una <i>orientación de buenas prácticas</i> sobre cuándo corresponde volver a calcular las estimaciones para los años anteriores y métodos para dar cuenta de los cambios producidos en las emisiones y remociones a través del tiempo.</p> <p><b>Hallazgo:</b> La revisión de las planillas preliminares de los inventarios anteriores a 2016 sólo contenían el cuadro</p>	<p><b>Recomendación: Ninguna</b></p>	<p>Resuelto</p>

Tema/ Categoría/ Subcategoría	Hallazgos encontrados	Recomendaciones	Acciones implementadas en el RAGEI 2016
	<p>general de resumen de emisiones por fuente siguiendo la clasificación de las Directrices de 2006. Las planillas finales están desagregadas debidamente para cada año de inventario.</p>		
<p><b>Resumen de Comparabilidad</b></p>	<p>La Comparabilidad implica, según el IPCC, que se declara el inventario nacional de gases de efecto invernadero de forma tal que permite su comparación con los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de otros países.</p> <p><b>Hallazgo:</b> Las planillas para los años anteriores del inventario fueron recalculadas aplicando las Directrices del IPCC de manera adecuada. La selección adecuada de categorías principales (véase el Volumen 1, Capítulo 4) y en la utilización de la orientación y cuadros para generación de informes, y en el uso de la clasificación y definición de categorías de emisiones y remociones presentadas en el Cuadro 8.2 del Capítulo 8, y en los Volúmenes 2 a 5.</p>		<p>No es un problema.</p>