



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Telefono 614-7530 Anexos 211 Email: secgeneral@lamolina.edu.pe

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

TRABAJO MONOGRÁFICO

REVISIÓN DEL ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL
INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
AÑO 2012 - SECTOR USO DEL SUELO CAMBIO USO DEL SUELO
Y SILVICULTURA, Y PROPUESTA DE MEJORAS

ALUMNA:

NATALIA WOO POQUIOMA

PROFESOR ASESOR:

FERNANDO REGAL GASTELUMENDI

FECHA:

30 DE OCTUBRE DEL 2017

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	5
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
4. ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL INGEI USCUS AÑO 2012.....	19
5. CONCLUSIONES.....	56
6. RECOMENDACIONES	57
7. BIBLIOGRAFÍA	58
8. ANEXO: Autorización de uso de información del RAGEI USCUS 2012	60

SIGLAS Y ACRÓNIMOS:

AT	:	Asentamientos
CMNUCC	:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CUS	:	Cambio de Uso del Suelo
FE	:	Factor de Emisión
FEB	:	Factor de Expansión de la Biomasa
FC	:	Fracción de Carbono
GEI	:	Gases de Efecto Invernadero
GL1996	:	Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero - Versión Revisada en 1996
GL2006	:	Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero
INGEI	:	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	:	Panel Intergubernamental sobre cambio climático (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
NA	:	No aplicable
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 sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura
OT	:	Otras Tierras
PNCBMCC	:	Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático
RAGEI	:	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
SERFOR	:	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
TA	:	Tierras Agrícolas
TF	:	Tierras Forestales
TP	:	Praderas (Pastos)
USCUSS	:	Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura

1. RESUMEN

El presente documento es una revisión del análisis de incertidumbre de los resultados del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura, del año 2012 (RAGEI USCUS 2012).

Aquí se describe de manera general la estimación de las emisiones/remociones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a nivel sectorial y las metodologías disponibles para el cálculo de las incertidumbres, para luego profundizar en el análisis de incertidumbres, comparando la información de base y métodos empleados por los compiladores del inventario USCUS (procedimiento original), y las mejoras introducidas en la información de base y métodos aplicados (procedimiento propuesto).

Los resultados obtenidos muestran grandes diferencias en el nivel de incertidumbre del RAGEI USCUS. La incertidumbre original asciende a $\pm 73.88\%$, en comparación con la incertidumbre obtenida con el procedimiento propuesto, igual a $\pm 29.84\%$. Las razones más importantes de la reducción consisten en: i) la exhaustividad del cálculo propuesto, al incluir todas las fuentes de incertidumbre, ii) el uso de valores más apropiados de incertidumbres individuales de cada parámetro, y iii) un mejor nivel de agregación y desagregación de las categorías, de acuerdo a la disponibilidad y características de la información de base.

Se recomienda que las mejoras logradas en este análisis sean incorporadas en la elaboración de futuros RAGEI USCUS, así como en la actualización de RAGEI pasados.

2. INTRODUCCIÓN

El Perú, desde el año 2014 viene elaborando de manera permanente su Inventario Anual de Gases de Efecto Invernadero (INGEI). Anterior a esa fecha, los esfuerzos han sido puntuales y no llegaron a constituirse en un proceso continuo e intersectorial, como lo es hoy en día.

El INGEI es la compilación de los resultados de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de origen antrópico registrados en los reportes sectoriales, denominados Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI), que cada ministerio tiene a su cargo.

Un punto fundamental en la estimación de emisiones y la presentación de los resultados es el grado de precisión alcanzado. Según la Orientación Sobre las Buenas Prácticas para Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (OBP2003) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), las *buenas prácticas*¹ garantizan que los inventarios sean exactos, es decir, no sobreestimen ni subestimen sistemáticamente los resultados, y se reduzcan las incertidumbres en la medida de lo posible.

La principal utilidad de estimar las incertidumbres de un inventario nacional, es poder conocer los puntos críticos que demandan ser mejorados, para que los esfuerzos y recursos, siempre limitados, sean eficientemente destinados.

La priorización de mejoras pendientes en el INGEI es de esencial importancia si se considera el contexto nacional, en el que históricamente, el sector que más impacto tiene en las emisiones nacionales, y al mismo tiempo, el que más incertidumbre acarrea, es el sector de Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS). Ello significa

¹ Las *buenas prácticas* son un conjunto de procedimientos que comprenden la elección de métodos de estimación apropiados a las circunstancias nacionales, la garantía de calidad y el control de calidad en el plano nacional, la cuantificación de las incertidumbres y el archivo y la notificación de los datos a fin de promover la transparencia (OBP2003).

que todas las mejoras que puedan ser implementadas en el sector, partiendo de la generación y/o actualización de la información base que permitiría el uso de niveles metodológicos más avanzados, impactaría favorable y significativamente en el resultado nacional.

Por consiguiente, el objetivo del presente análisis es revisar la estimación de las incertidumbres de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero del sector USCUS, del año 2012 (actualizado), identificar posibilidades de mejora e implementarlas, en base al Método 1 provisto en la OBP2003; para luego comparar los resultados y derivar recomendaciones que puedan ser adoptadas por los encargados de la compilación de los RAGEI USCUS.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Generalidades del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) es definido nacionalmente “como un conjunto de acciones orientadas a la recopilación, evaluación y sistematización de información referida a la emisión y remoción de gases de efecto invernadero.” (DS N° 013-2014-MINAM). El alcance de un inventario de GEI debe ser nacional y anual, es decir, se debe cuantificar las emisiones por fuentes y remociones por sumideros de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, ocurridos en todo el territorio nacional durante un año calendario.

El Perú, al ser un país miembro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, en adelante Convención), debe elaborar y actualizar periódicamente su inventario y reportarlo ante la Convención. Los compromisos internacionales asumidos, como las metas de reducción de emisiones de GEI determinadas por el propio país, llamadas Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC), así como los mecanismos de pago por resultados por reducción de emisiones, como el mecanismo

REDD+ donde el Perú busca participar, señalan a los INGEI como la principal herramienta de verificación de los resultados².

Teniendo en cuenta la creciente relevancia de los inventarios, el Perú comenzó a tomar pasos para hacer de su elaboración un proceso continuo y transparente. Así, en el año 2014 se aprobaron las disposiciones para la elaboración periódica del INGEI (INFOCARBONO) mediante el Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM-CMNUCC. Este dispositivo legal designa al Ministerio del Ambiente como el encargado de liderar el trabajo a nivel general, compilar los resultados sectoriales y elaborar el INGEI nacional, que posteriormente es reportado ante la Convención a través de las Comunicaciones Nacionales o los Reportes Bienales de Actualización. A su vez, los diferentes ministerios son los responsables de elaborar el reporte de emisiones de sus respectivos sectores, llamado Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI). Un resumen de los pasos del proceso de elaboración de los inventarios de GEI puede verse en el Gráfico 1.

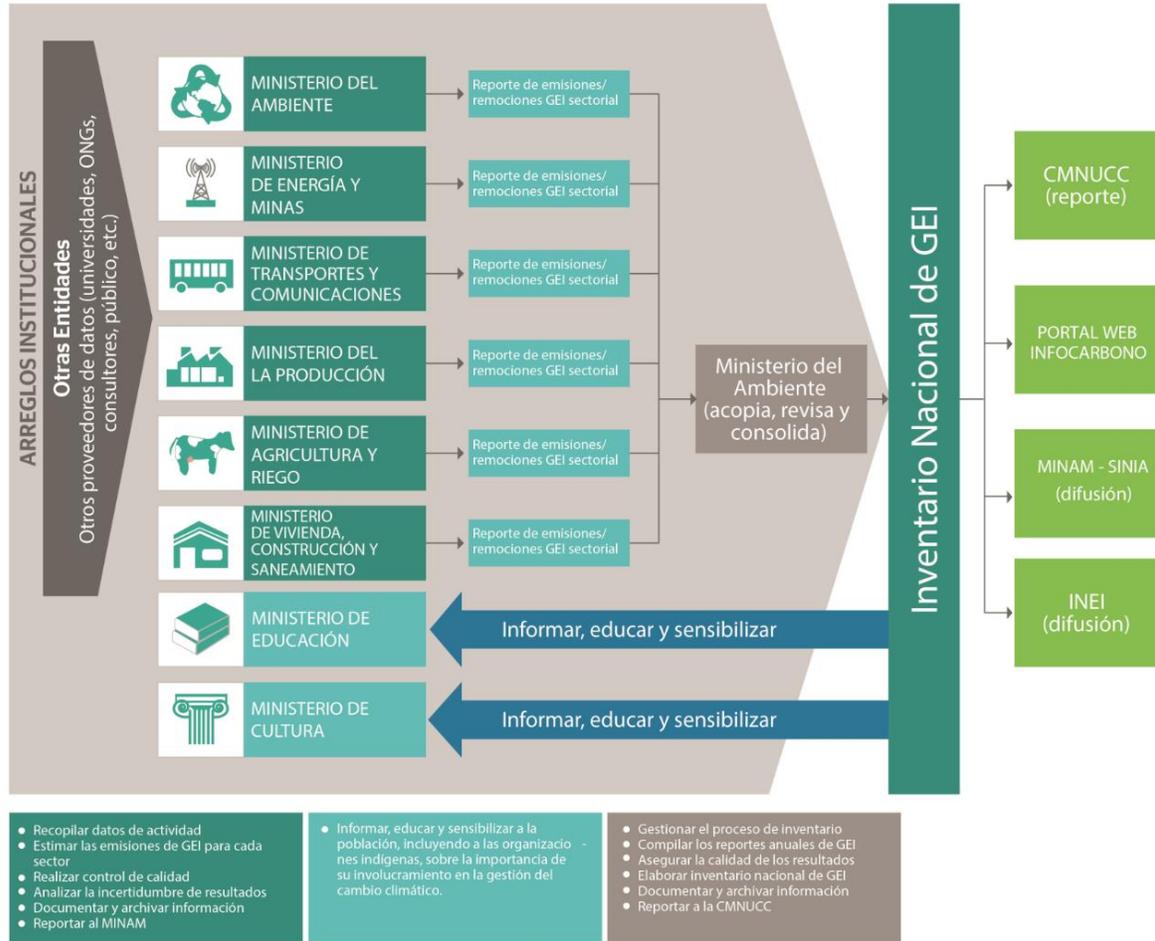
Los sectores contemplados son: Energía, Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP), Agricultura, Desechos, y Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS). La medición de este último sector está a cargo del propio MINAM, a través del Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC), quien debe mantener estrecha colaboración con el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) para tal fin.

Adicionalmente, se ha establecido la plataforma virtual del INFOCARBONO³ donde se publica toda la información relevante respecto a los inventarios de GEI, vale decir, los RAGEI sectoriales e INGEI nacionales para todos los años analizados, las guías metodológicas utilizadas, las plantillas de cálculo y los reportes nacionales presentados antes la Convención. Todo ello permite mejorar la transparencia del proceso y la disponibilidad de la información a todos los interesados.

² Artículo 13. 7, Acuerdo de París (CMNUCC, 2015).

³ <http://infocarbono.minam.gob.pe/>

Gráfico 1. Esquema del proceso INFOCARBONO



Fuente: infocarbono.minam.gob.pe

En conformidad con las decisiones de la Convención⁴, los países deben emplear las guías metodológicas provistas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). Al momento las *Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero* tienen dos versiones, del año 1996 (GL1996) y del año 2006 (GL2006). Los países *No Anexo 1*, de los que Perú forma parte, pueden emplear la GL1996, de acuerdo a las capacidades nacionales. Por el contrario, los países *Anexo 1* están obligados a usar las guías más actuales.

⁴ Decisión 17/CP.8 (CMNUCC, 2003).

La GL1996 ha sido complementada con documentos orientadores que ahondan y en muchos casos actualizan los métodos de cálculo y los valores por defecto provistos en las guías. Estos son la *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (OBP2000), y la *Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura* (OBP2003).

Haciendo uso de las metodologías señaladas, el Perú ha elaborado y reportado los INGEI de los años 1994⁵, 2000⁶, 2005⁸, 2010⁷ y 2012⁸, y se encuentra en la etapa final de elaboración el INGEI 2014. Cabe destacar que los sectores Energía y PIUP han migrado hacia la GL2006, en un esfuerzo por mejorar la calidad de la estimación de emisiones. Siendo un proceso en constante mejora, los compiladores del INGEI han introducido cambios en las estimaciones de acuerdo a diversos factores, entre los cuales son los más importantes: la disponibilidad de nueva información, uso de niveles metodológicos más elevados y migración de metodología (como se mencionó anteriormente).

Todo cambio realizado durante un inventario en curso debe ser aplicado a todos los INGEI anteriores al mismo, para asegurar comparabilidad en la serie temporal. Este punto es tan relevante, que el IPCC en sus directrices ha incluido métodos para lograr coherencia en las estimaciones históricas: Capítulo 7 de la OBP2000, Capítulo 5 de la OBP2003, y Capítulo 5 del Volumen 1 de la GL2006.

Los resultados nacionales, exceptuando aquellos del sector USCUS, han sido actualizados durante la compilación del INGEI año 2014. Los resultados preliminares se muestran en la siguiente gráfica, donde se puede apreciar la tendencia al aumento en las emisiones de GEI a nivel nacional. Los sectores Energía, PIUP, Desechos y Agricultura presentan la misma tendencia al incremento, siendo más evidente y significativa la variación en el primer

⁵ Publicado en la Primera Comunicación Nacional del Perú a la CMNUCC (CONAM, 2001)

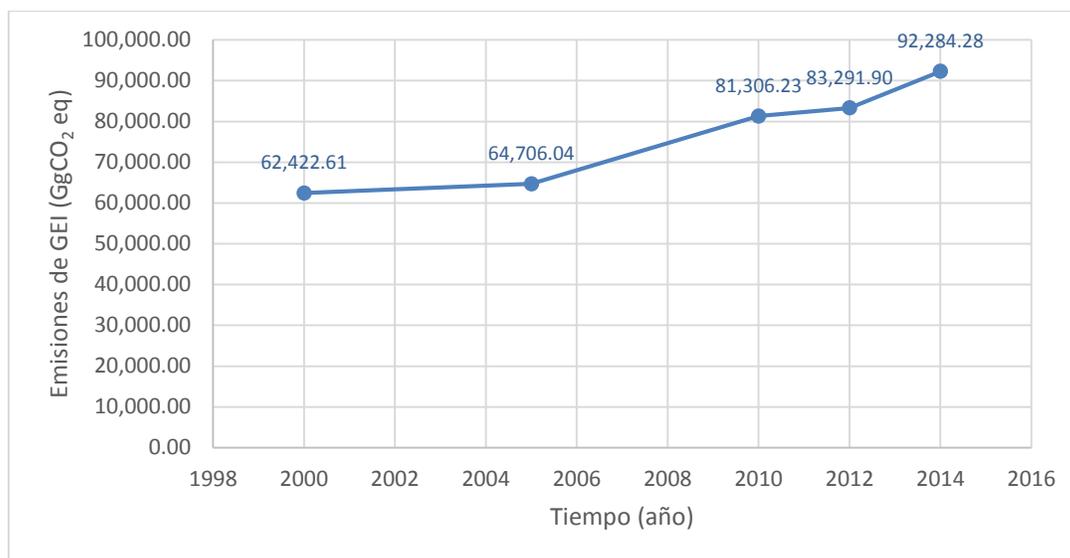
⁶ Publicado en la Segunda Comunicación Nacional del Perú a la CMNUCC (MINAM, 2010)

⁷ Publicado en el Primer Informe Bienal de Actualización del Perú a la CMNUCC (MINAM, 2014b)

⁸ Publicado en la Tercera Comunicación Nacional del Perú a la CMNUCC (MINAM, 2016)

sector, que aproximadamente ha incrementado sus emisiones en 40% en el año 2014 respecto a las emisiones del año 2000 (MINAM, 2017).

Gráfico 2. Histórico de emisiones de GEI a nivel nacional, sin USCUS (Gg CO₂eq)



Fuente: Modificado de INGEI 2014, MINAM (2017)

Sector Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura

El Sector USCUS comprende todas las emisiones y absorciones de GEI originadas por actividades de uso y cambio de uso del suelo, incluyendo las actividades relacionadas al bosque. Las categorías que involucra están basadas en una combinación de clases de cobertura y uso del suelo, agrupadas en: Tierras Forestales (TF), Tierras Agrícolas (TA), Praderas (TP), Humedales (H), Asentamientos (AT) y Otras Tierras (OT)⁹.

Como primer paso en la cuantificación de emisiones/absorciones del sector, es necesario organizar la superficie del país en las 6 categorías de la tierra mencionadas. Para ello, como mínimo se debe disponer de información sobre la extensión de cada categoría durante el año inventario, así como las áreas de cambio de uso de la tierra. De acuerdo al grado de detalle de la información disponible, se puede elegir el procedimiento más adecuado de

⁹ IPCC, 2003. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, Capítulo 2.

representación de las tierras, que va desde el más básico (Procedimiento 1) cuando sólo se cuenta con estadísticas de superficies sin incluir cambios, hasta el procedimiento más avanzado, cuando se cuenta con mapas de uso y cambio de uso de la tierra. Los procedimientos no son jerárquicos ni excluyentes mutuamente, quedando a decisión de cada país la elección del procedimiento más adecuado a sus condiciones, tal como detalla en el Capítulo 2 de la OBP2003.

Durante la elaboración del RAGEI 2014 y actualización del RAGEI 2012 fue posible construir una matriz espacialmente explícita del uso y cambio de uso de la tierra del bioma Amazónico, por el acceso al Mapa de Uso del Suelo 2011 y al Mapa de Cambio de Uso del Suelo 2011-2013 que el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC) viene elaborando. Estos mapas constituyen la mejora metodológica más importante del RAGEI USCUS porque permiten analizar de manera exhaustiva las emisiones/absorciones de un territorio. No obstante, aún queda pendiente el monitoreo de los biomas de Costa y Sierra, para ser incorporados a la contabilidad del inventario de GEI.

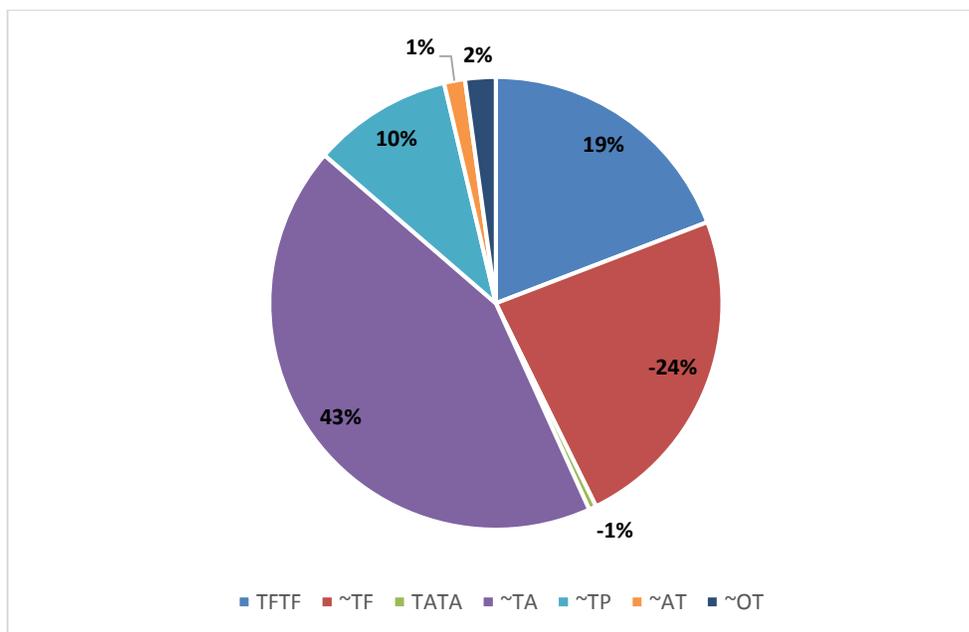
A partir de la representación de tierras, se estiman las emisiones/absorciones de Dióxido de Carbono (CO₂) por variación de las reservas de carbono de los depósitos de biomasa viva, materia orgánica muerta y carbono orgánico del suelo; y las emisiones de Metano (CH₄) y Óxido Nitroso (N₂O) por quema de biomasa. La OBP2003, que es la metodología empleada hasta el momento, brinda tres niveles metodológicos (llamados TIER) que pueden ser usados a conveniencia, de acuerdo a la calidad de información disponible. Son dos variables fundamentales que deben conocerse para poder estimar las emisiones/absorciones de cada fuente o sumidero: i) Datos de Actividad, referidos a la información de la magnitud de las actividades humanas que resultan en emisiones o absorciones de GEI durante un periodo de tiempo (p.ej. volumen de madera extraída en un año), y ii) Factores de Emisión, que son los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones de GEI por unidad de dato de actividad (IPCC, 2006).

En los RAGEI USCUS se hace una combinación de niveles metodológicos, siendo el más empleado el TIER 1 (nivel básico). Asimismo, sólo se analizan los reservorios de biomasa viva, carbono orgánico del suelo y emisiones de gases diferentes al CO₂ por quema de biomasa, de acuerdo a lo requerido por la OBP2003 para cada actividad.

Los resultados actualizados (preliminares) del RAGEI USCUS 2012 indican emisiones netas iguales a 58,486.4 Gg CO₂eq. Esto representa una reducción de casi 32% de las emisiones originales del mismo año, publicadas en la Tercera Comunicación Nacional⁸, que ascendían a 86,741.9 Gg CO₂eq. Como se mencionó, durante la elaboración del RAGEI 2014 se han introducido mejoras metodológicas, principalmente la utilización de la matriz de uso y cambio de uso de la tierra, que han conllevado a un ajuste en la estimación original del año 2012.

En el año 2012, como en todos los años analizados, se ha visto que la principal fuente de emisiones del sector es la categoría de Tierras que se convierten a Tierras Agrícolas (~TA) que representa el 43% de las emisiones absolutas (suma de emisiones y absorciones), donde las Tierras Forestales que se convierten a Tierras Agrícolas aportan casi el 99% de las emisiones. La segunda fuente de emisiones de importancia son las Tierras Forestales que permanecen como tales (TFTF), que abarcan las emisiones por extracción de madera, leña y otras pérdidas. En esta categoría no se consignan las posibles absorciones que podrían ocurrir por el crecimiento del bosque primario, debido al supuesto metodológico asumido en todos los inventarios, que el bosque primario se encuentra en equilibrio. La conversión de tierras a Praderas (~TP) contribuye con el 10% de las emisiones absolutas del sector, donde nuevamente casi el 99% de las emisiones se atribuyen a la conversión de Tierras Forestales a Praderas.

Gráfico 3. Proporción de emisiones de GEI del sector USCUS, año 2012



Elaboración propia. Fuente: RAGEI USCUS 2014 (MINAM, 2016b)

Nota: TFTF = Tierras Forestales que permanecen como tales, ~TF = Tierras que se convierten a Tierras Forestales, TATA = Tierras Agrícolas que permanecen como tales, ~TA = Tierras que se convierten a Tierras Agrícolas, ~TP = Tierras que se convierten a Praderas, ~AT = Tierras que se convierten a Asentamientos, ~OT = Tierras que se convierten a Otras Tierras.

Las emisiones de USCUS podrían ser potencialmente más altas de no ocurrir absorciones, en el orden de 24% de las emisiones absolutas, por el crecimiento de los bosques secundarios y las plantaciones forestales, de la categoría Tierras que se convierten en Tierras Forestales (~TF). Los cultivos perennes de la categoría Tierras Agrícolas que permanecen como tales (TATA) aportan con un mínimo 1% a las absorciones del sector.

En relación a los resultados nacionales totales, se ha visto en cada año analizado que el sector USCUS es la principal fuente de emisiones. En el año 2012, la contribución del sector fue del 41% de las emisiones totales, mientras que en el año 2014 fue del 38%. No es posible conocer el aporte en años anteriores al no haberse realizado la actualización de los resultados USCUS de los años 2000, 2005 y 2010, debido a la falta de información que permita construir las matrices de uso y cambio de uso de la tierra de dichos años. No

obstante, se espera contar en el corto plazo con mapas de uso y cambio de uso de la Amazonía a partir del año 1995 hasta el año 2016.

Una consecuencia adicional de no haber realizado la actualización de los años mencionados es que no se puede determinar una tendencia del nivel de emisiones del sector USCUS, como sí se ve en las emisiones nacionales, en el Gráfico 2. Histórico de emisiones de GEI a nivel nacional, sin USCUS (Gg CO₂eq).

Análisis de Incertidumbre

La incertidumbre es definida como el desconocimiento del valor real de una variable, la cual puede ser descrita como una función de probabilidad (PDF, del inglés *Probability Density Function*) que caracteriza el rango y probabilidad de los valores posibles. Los conceptos de precisión/errores aleatorios y exactitud/sesgo, se relacionan con la incertidumbre (IPCC, 2006). Todos los inventarios de GEI, en la medida de lo posible, deben ser exactos en el sentido que no deben subestimar o sobreestimar las emisiones hasta donde pueda ser juzgado, y deben ser precisos, porque se debe tratar de reducir las incertidumbres hasta donde sea práctico.

Los sesgos son más difíciles de identificar y cuantificar, y su tratamiento debe estar enfocado en prevenir su ocurrencia desde la conceptualización del inventario. Así, el análisis de incertidumbre está centrado en cuantificar los errores aleatorios que restan precisión al inventario (IPCC, 2006).

Las causas de incertidumbre pueden clasificarse de manera general en las siguientes ocho clases:

- Falta de exhaustividad, que conlleva a conceptualizaciones incompletas de las estimaciones.
- Modelo, por ser una simplificación de la realidad no son exactos. Además, generan incertidumbres al interpolar o extrapolar su aplicación fuera del dominio donde haya sido validado.

- Falta de información.
- Falta de representatividad de la información, que genera sesgos en las estimaciones.
- Error estadístico de muestro aleatorio, que puede ser reducido aumentando la muestra en variables muestreadas.
- Error de muestreo, referido a los errores en las mediciones, registro y transmisión de la información.
- Errores en el reporte o la clasificación.
- Información faltante, por información que está por debajo de los límites de detección.

Las fuentes de información cuantitativa sobre incertidumbres a las que se puede recurrir para comenzar a estimarlas son:

- Información de incertidumbres que provienen de modelos.
- Información de incertidumbres que provienen de datos empíricos, sea de mediciones directas, revisión bibliográfica y estadísticas publicadas o no publicadas.
- Opinión de expertos

El poder cuantificar y reportar las incertidumbres asociadas a las emisiones y absorciones de GEI, es un aspecto fundamental en todo inventario. De acuerdo al IPCC, la información sobre la incertidumbre no está orientada a cuestionar la validez de las estimaciones de los inventarios, sino a ayudar a priorizar los esfuerzos por mejorar la exactitud de los inventarios en el futuro y orientar las decisiones sobre la elección de las metodologías utilizadas.

Tanto la OBP2000 en su capítulo 6 como la GL2006 en su capítulo 3, proveen los lineamientos para la estimación de las incertidumbres de las emisiones de GEI del inventario. Como en todas las guías IPCC, se presentan dos niveles metodológicos a ser aplicados de acuerdo a las capacidades nacionales y la disponibilidad de información suficiente para el cálculo. Asimismo, la OBP2003 en el Capítulo 5, ofrece información

complementaria sobre la manera de evaluar las incertidumbres relativas al sector USCUS, en coherencia con lo establecido en el Capítulo 6 y Anexo 1 de la OBP2000.

a) El Método de Nivel 1: Propagación del Error

Las incertidumbres a nivel de actividad, sector o inventario nacional se calculan aplicando reglas de propagación de errores, en base a valores de incertidumbre asociadas a los datos de actividad y factores de emisión utilizados. Posteriormente, se estima la incertidumbre de la tendencia en las emisiones nacionales, entre un año base y el año de análisis. De acuerdo a las indicaciones de la OBP2000, se utiliza el cuadro 6.1¹⁰ del capítulo 6 (“La cuantificación de las incertidumbres en la práctica”). El análisis de la incertidumbre no considera la incertidumbre en los potenciales de calentamiento atmosférico (PCA).

La aplicación de este método requiere que los datos de ingreso no estén correlacionados y que la desviación estándar dividida entre el valor promedio de los datos no sea mayor a 0.3. Se pueden obtener resultados aproximados, aún si no se cumple con los requisitos mencionados.

En la evaluación de las incertidumbres de un año en específico, primero se debe comenzar por estimar la incertidumbre de cada fuente, a través de la combinación de las incertidumbres de los datos de actividad con las incertidumbres de los factores de emisión y otros parámetros empleados en el cálculo de las emisiones. La Ecuación 1 debe ser utilizada, dado que permite estimar la incertidumbre de un producto de varias cantidades (DA x FE).

Ecuación 1. Combinación de incertidumbres - multiplicación

$$I_{Total} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}$$

Donde:

I_{Total} : Porcentaje de la incertidumbre respecto al producto de cantidades

¹⁰ La explicación metodológica de cada paso que compone en cuadro 6.1 se encuentra en las páginas 6.15 y 6.16 del capítulo 6 de la OBP2000.

$I_{1,2,3}$: Porcentaje de las incertidumbres asociadas a cada una de las cantidades
(p.ej. de los DA y FE usados para estimar una fuente de emisión)

Fuente: OBP2003, Capítulo 5, página 5.21 (IPCC, 2003)

La incertidumbre de cada actividad depende de la incertidumbre de los parámetros iniciales. Si el país aplica valores por defecto, la incertidumbre será grande y solamente se podrá evaluar de manera aproximada a partir del dictamen de expertos.

Luego, se estima la incertidumbre general del sector combinando las incertidumbres de todas las fuentes estimadas anteriormente. Para ello se emplea la Ecuación 2, que está basada en la Ecuación 6.3 de la OBP2000. Visto que en el sector USCUS pueden presentarse tanto emisiones como absorciones (de símbolo negativo), la suma de todas las estimaciones de las categorías que va en el denominador debe ser un valor absoluto.

Ecuación 2. Combinación de incertidumbres – suma o resta

$$I_E = \frac{\sqrt{(I_1 * E_1)^2 + (I_2 * E_2)^2 \dots (I_n * E_n)^2}}{|E_1 + E_2 \dots + E_n|}$$

Donde:

U_E : Incertidumbre porcentual de la suma

I_i : Incertidumbre porcentual asociada a la fuente/sumidero

E_i : Estimación de la emisión relativa a la fuente/sumidero

Fuente: OBP2003, Capítulo 5, página 5.12 (IPCC, 2003)

Para el uso de ambas ecuaciones se supone que no existe ninguna correlación significativa entre las estimaciones de emisiones y absorciones, y que las incertidumbres son relativamente reducidas. De presentarse correlación, la OBP2000 y OBP2003 indican acciones adicionales como agregación de categorías o el uso del método de Monte Carlo.

La estimación de la incertidumbre en la tendencia se realiza haciendo las pruebas de sensibilidad A y B. La primera estima el cambio en la diferencia de las emisiones entre el año base y el año en análisis, expresadas porcentualmente, cuando se aumenta en 1% las

emisiones/absorciones de una categoría en ambos años. Las incertidumbres que están correlacionadas en el tiempo están asociadas a este tipo de sensibilidad. La segunda estima el cambio en la diferencia de las emisiones entre el año base y el año en análisis, expresadas porcentualmente, cuando se aumenta en 1% las emisiones/absorciones de una categoría en el año analizado únicamente. Las incertidumbres que no están correlacionadas en el tiempo se asocian con esta segunda prueba. Los resultados son luego integrados usando las ecuaciones arriba mencionadas.

La aplicación de este método para analizar las incertidumbres del INGEI nacional y del RAGEI USCUS ha sido probado durante la elaboración del INGEI 2014. Al ser una primera aproximación, se han identificado dificultades que deben ser absueltas progresivamente. Muchas de ellas son causadas por falta de información apropiada sobre incertidumbres.

El desarrollo de este método para el RAGEI USCUS del año 2012 se detalla en la siguiente sección.

b) El Método de Nivel 2: Simulación de Monte Carlo

Como en el primer método, se puede estimar las incertidumbres de una actividad, sector e inventario nacional, de un año específico y de la tendencia.

El principio de este método es seleccionar aleatoriamente valores de factores de emisión y datos de actividad, a partir de la PDF de cada uno, y estimar las emisiones correspondientes. El proceso se repite un número deseado de veces (iteraciones), para llegar a tener múltiples estimados que son tratados como muestras de la PDF que genera el modelo. Del análisis de estas muestras se puede inferir los valores del promedio, desviación estándar y límites de confianza al 95%. Mientras más iteraciones haga el modelo, mejor precisión tendrán los resultados.

Este método es recomendado cuando: i) las incertidumbres son grandes, ii) la distribución no es normal, iii) los algoritmos son complejos, iv) existen correlaciones entre los datos de entrada (sea en los datos de actividad, factores de emisión, o ambos), y v) las incertidumbres son diferentes para diferentes años evaluados.

Por otro lado, para su aplicación se requiere que el usuario indique las PDF más apropiadas para cada dato de entrada, y el uso de programas estadísticos. Asimismo, el resultado depende de la correcta implementación del método, del grado de conocimiento científico y técnico que el usuario tenga sobre el inventario, y de la solidez de la data de entrada, incluyendo opinión de expertos. Por estas razones aún no se ha probado la simulación de Monte Carlo para evaluar las incertidumbres de GEI del país.

4. ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DEL INGEI USCUS AÑO 2012

Siendo el objetivo del presente documento la revisión del análisis de incertidumbres del sector USCUS y la propuesta de mejoras para abordar los vacíos identificados, se han realizado los siguientes pasos:

a) Revisión del análisis de incertidumbre de los resultados del RAGEI USCUS 2012

La estimación de las incertidumbres en los inventarios sectoriales y en el INGEI nacional ha sido realizada por primera vez durante la elaboración del inventario año 2014. La dificultad que supone identificar todas las fuentes de incertidumbre y los valores apropiados para cada parámetro que ingresa al cálculo de emisiones (y por tanto de incertidumbre), sumado a los cortos tiempos con los que usualmente se cuenta durante la elaboración de los inventarios, han prevenido iniciativas de aplicación de las metodologías disponibles, explicadas en la sección anterior.

El método de nivel 1, Propagación del Error, fue aplicado en todos los sectores para tener una primera aproximación de la magnitud de las incertidumbres de los inventarios. En el sector USCUS, donde la mayoría de factores de emisión empleados son valores por defecto ante la ausencia de información nacional, y donde los datos de actividad disponibles no tienen incertidumbres asociadas, se consideró como mejor alternativa el uso

de las incertidumbres por defecto de la OBP2003 y la GL2006 en este primer ejercicio. En los casos específicos de incendios, leña y plantaciones forestales (todos datos de actividad) donde las directrices del IPCC no señalaban valores por defecto, se realizó un levantamiento de Opinión de Expertos, siguiendo los lineamientos de la OBP2000, Capítulo 6.

El análisis de incertidumbres originalmente fue realizado para el RAGEI USCUS 2014, tanto para el año en específico como para la tendencia, compuesta por los años 2012 y 2014.

A fin de realizar la revisión sobre los resultados del año 2012, se aplicó la estimación de incertidumbre tal como se realizó en el año 2014, únicamente al año analizado (sin incluir el análisis de la tendencia). Así, los valores de incertidumbre de cada uno de los parámetros considerados son iguales a los reportados en el RAGEI 2014. Todos los valores considerados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 1. Incertidumbres asociadas a los datos de actividad en TTF

Parámetro	Incertidumbre	Fuente
Áreas de TTF - datos de actividad para el Procedimiento 3	12.5%	Promedio del rango propuesto en la OBP2003 página 3.33
Volumen de madera proveniente de las talas comerciales	70.00%	Promedio de data experto
Volumen anual de leña consumida	47.00%	Promedio de data experto

Fuente: RAGEI USCUS 2014 (MINAM, 2016b)

Tabla 2. Incertidumbres asociadas a los factores de emisión en TTF

Parámetro	Incertidumbre	Fuente
Densidad de madera básica (DB) para madera	30.00%	OBP2003 página 3.32
Incremento anual promedio de biomasa sobre suelo y bajo suelo	30.00%	OBP2003 página 3.33
Relación raíz-vástago	30.00%	OBP2003 página 3.33
Fracción de carbono de la materia seca	30.00%	OBP2003 página 3.33

Parámetro	Incertidumbre	Fuente
Factor de conversión y expansión de biomasa para convertir volúmenes de madera y leña extraída en biomasa aérea (incluida corteza)	30.00%	OBP2003 página 3.32
Reservas de biomasa en áreas forestales	30.00%	OBP2003 página 3.32
Incertidumbre combinada ganancias	60.00%	Resultados de estimación empleando la Ecuación del método de Propagación de Errores
Incertidumbre combinada pérdidas tala	51.96%	
Incertidumbre combinada pérdidas leña	60.00%	
Incertidumbre combinada otras pérdidas	60.00%	

Fuente: RAGEI USCUS 2014 (MINAM, 2016b)

Tabla 3. Incertidumbres asociadas a los datos de actividad en ~TF

Parámetro	Incertidumbre	Fuente
Áreas de conversión TTF - datos de actividad para el Procedimiento 3	12.5%	Promedio del rango propuesto en la OBP2003 página 3.33
Área de plantaciones forestales	25.00%	Promedio de data experto

Fuente: RAGEI USCUS 2014 (MINAM, 2016b)

Tabla 4. Incertidumbres asociadas a los factores de emisión en ~TF

Parámetro	Incertidumbre	Fuente
Densidad de madera básica (DB) para madera	30.00%	OBP2003 página 3.32
Incremento anual promedio de biomasa sobre suelo y bajo suelo	30.00%	OBP2003 página 3.33
Relación raíz-vástago	30.00%	OBP2003 página 3.33
Fracción de carbono de la materia seca	30.00%	OBP2003 página 3.33
Incertidumbre combinada ganancias	60.00%	Resultados de estimación empleando la Ecuación del método de Propagación de Errores

Fuente: RAGEI USCUS 2014 (MINAM, 2016b)

Tabla 5. Incertidumbres asociadas a los datos de actividad y factores de emisión en TATA

Parámetro	Incertidumbre	Fuente
-----------	---------------	--------

Áreas de Cultivos Perennes	25%	Promedio de data experto
Stocks de carbono en Cultivos Perennes	75%	OBP2003, Cuadro 3.3.2

Fuente: RAGEI USCUS 2014 (MINAM, 2016b)

Tabla 6. Incertidumbres asociadas a los datos de actividad en ~TA

Parámetro	Incertidumbre	Fuente
Áreas de conversión TTA - datos de actividad para el Procedimiento 3	12.5%	Promedio del rango propuesto en la OBP2003 página 3.33

Fuente: RAGEI USCUS 2014 (MINAM, 2016b)

Tabla 7. Incertidumbres asociadas a los factores de emisión de biomasa viva y suelos en ~TA

Parámetro	Incertidumbre	Fuente
Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión en Tierras Agrícolas	30.00%	OBP2003 página 3.32
Variación de las reservas de carbono en un año de crecimiento de tierras agrícolas	30.00%	OBP2003 página 3.33
Relación raíz-vástago	30.00%	OBP2003 página 3.33
Factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra en el año inicial (pre-conversión)	22.00%	OBP2003, cuadro 3A.1.8, página 3.178
Incertidumbre combinada para pérdidas de biomasa aérea en TTA	51.96%	Resultados de estimación empleando la Ecuación del método de Propagación de Errores

Fuente: RAGEI USCUS 2014 (MINAM, 2016b)

Tabla 8. Incertidumbres asociadas a los datos de actividad en ~TP, ~AT y ~OT

Parámetro	Incertidumbre	Fuente
Áreas de conversión ~TP, ~AT y ~OT - datos de actividad para el Procedimiento 3	12.5%	Promedio del rango propuesto en la OBP2003 página 3.33

Fuente: RAGEI USCUS 2014 (MINAM, 2016b)

Tabla 9. Incertidumbres asociadas a los factores de emisión en ~TP, ~AT y ~OT

Parámetro	Incertidumbre	Fuente
Reservas de carbono en la biomasa viva, en tierras convertidas en TP, AT y OT	75.00%	OBP2003, Cuadro 3.4.9, página 3.135

Fuente: RAGEI USCUS 2014 (MINAM, 2016b)

Con los valores de entrada identificados, se procedió a estimar las incertidumbres del año 2012, sobre la plantilla de cálculo provista en la OBP2000, Capítulo 6, para el método de Propagación del Error. Se acotó la estimación para que abarque únicamente el año bajo análisis, eliminando de la tabla original las columnas referidas a la estimación de la incertidumbre de la tendencia (columnas D, I a M). Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 10. Resultados del análisis de incertidumbre del RAGEI USCUS 2012 - Original

A			B	C	E	F	G	H
Uso de la tierra Inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación	Dinámica	Gas	Emisiones año base (RAGEI 2012)	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada $\sqrt{(E^2+F^2)}$	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t
Tierras forestales	Tierras forestales	TFTF	CO ₂	-333.22	13%	60%	61.29%	-0.35%
Tierras forestales	Tierras forestales	TFTF	CO ₂	21,557.65	86%	99%	131.20%	48.36%
Desconocido	Tierras forestales	DESTF	CO ₂	-26,380.48	28%	60%	66.19%	-29.86%
Tierras	Tierras forestales	TTF	CO ₂	-183.42	13%	60%	61.29%	-0.19%
Tierras agrícolas	Tierras agrícolas	TATA	CO ₂	-599.12	25%	75%	79.06%	-0.81%
Tierras forestales	Tierras agrícolas	TFTA	CO ₂	45,433.71	13%	56%	57.79%	44.90%
Tierras	Tierras agrícolas	TTA	CO ₂	826.57	13%	52%	53.44%	0.76%
Praderas	Praderas	TPTP	CO ₂	0.00	13%	75%	76.03%	0.00%
Tierras	Praderas	TTP	CO ₂	10,669.68	13%	75%	76.03%	13.87%
Asentamientos	Asentamientos	ATAT	CO ₂	0.00	13%	75%	76.03%	0.00%
Tierras forestales	Asentamientos	TFAT	CO ₂	1,645.23	13%	75%	76.03%	2.14%
Tierras	Asentamientos	TAT	CO ₂	35.66	13%	75%	76.03%	0.05%
Otras tierras	Otras tierras	OTOT	CO ₂	0.00	13%	75%	76.03%	0.00%
Tierras forestales	Otras tierras	TFOT	CO ₂	2,442.42	13%	75%	76.03%	3.18%
Tierras	Otras tierras	TOT	CO ₂	23.56	13%	75%	76.03%	0.03%
Tierras forestales	Tierras forestales	TFTF	CH ₄	332.65	13%	60%	61.29%	0.35%
Tierras forestales	Tierras agrícolas	TFTA	CH ₄	2,009.48	13%	56%	57.79%	1.99%
Tierras forestales	Praderas	TFTP	CH ₄	494.29	13%	56%	57.79%	0.49%
Tierras forestales	Tierras forestales	TFTF	N ₂ O	60.02	13%	60%	61.29%	0.06%
Tierras forestales	Tierras agrícolas	TFTA	N ₂ O	362.56	13%	56%	57.79%	0.36%
Tierras forestales	Praderas	TFTP	N ₂ O	89.18	13%	56%	57.79%	0.09%
				58,486.43			+/-	73.88%

Fuente: Elaboración propia, en base a resultados reportados en RAGEI USCUS 2014 (MINAM, 2016b)

De los resultados se observa que la fuente que posee menor incertidumbre combinada como porcentaje total de las emisiones nacionales fueron las conversiones de todas las clases de la tierra en Otras Tierras y equivale a 0.03%, mientras que la de mayor incertidumbre proviene de las emisiones en Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales, con el valor de 48.36%. La incertidumbre combinada de todas las emisiones del sector USCUSSE equivale a $\pm 73.88\%$ en el año 2012.

Más allá de los resultados, llama la atención ver que no se han considerado las incertidumbres de todos los factores de emisión y datos de actividad que participan de las emisiones y absorciones de GEI. Asimismo, se ha realizado agregación de categorías sin consolidar antes todas las incertidumbres pertinentes, sea a nivel de factores de emisión o datos de actividad.

Como en la estimación de las emisiones, el análisis de las incertidumbres debe ser completo para evitar introducir sesgos a los resultados y tener una idea más ajustada de los puntos críticos del inventario que merecen mayor esfuerzo. Esto nos lleva al segundo paso del análisis de este documento.

b) Propuesta de mejoras en el análisis de incertidumbres

La propuesta de mejora del análisis de incertidumbres del RAGEI USCUSSE 2012, que podría ser aplicado a cualquier otro año, se basa en modificaciones introducidas en tres etapas del análisis:

- La selección de valores apropiados de incertidumbres de los parámetros de entrada que se utilizan en el cálculo original.
- La identificación de parámetros de entrada que no fueron incluidos en el cálculo original, y la selección de valores de incertidumbre más apropiados para cada uno.
- El establecimiento de niveles de agregación o desagregación de actividades dentro de las categorías para realizar el cálculo.

Las etapas 1 y 2 se han realizado en un mismo momento, a través de la revisión exhaustiva de todos los parámetros de entrada del cálculo de incertidumbre, es decir, de las

incertidumbres de cada factor de emisión y dato de actividad, en todas las categorías de uso y cambio de uso de la tierra que presentaron emisiones/remociones en el año 2012.

Para determinar la incertidumbre de los factores de emisión y datos de actividad, se utilizaron valores por defecto recomendados por la OBP2003 (principalmente) y la GL2006, seleccionando aquellos más apropiados para la realidad nacional. Los pasos para la selección de incertidumbres de los FE y DA pueden resumirse de la siguiente manera:

- Para los DA se emplearon las incertidumbres por defecto descritas en la OBP2003.
- De no encontrar ninguna referencia, se revisó la GL2006.
- Cuando el documento de referencia señalaba un rango de emisiones, se aplicó el promedio simple para determinar el valor a ser utilizado.
- En los casos donde se supone una alta incertidumbre, se usaron los valores máximos del rango provisto.
- En los casos donde se encontró el valor medio y el intervalo de confianza de un parámetro, pero se vio que este no era simétrico, se usó la diferencia mayor entre el límite de confianza y la media para estimar el valor de la incertidumbre, tal como lo propone la OBP2000, Capítulo 6.
- Cuando los Factores de Emisión se componen de la multiplicación de varios parámetros, cada uno con una incertidumbre asociada, se procedió a combinarlas usando la Ecuación 1 del Método de Propagación del Error, para tener una incertidumbre única del FE.

De acuerdo al alcance de los objetivos propuestos, no se ha intentado corregir errores en la estimación de emisiones que hubieran podido ser detectados. Tampoco se ha recurrido a otras fuentes de información que podrían ayudar a seleccionar valores más apropiados de los parámetros de entrada, o cualquier otra mejora aplicable al cálculo de las emisiones.

Los resultados de la revisión se muestran en las tablas a continuación. Se ha separado la información por categoría de la tierra, subcategorías de permanencia o cambio, y reservorio. Para cada parámetro se indica el valor de incertidumbre definido, la fuente de información y comentarios, a manera de discusión, que explican la selección del valor.

Tabla 11. Incertidumbres de los Datos de Actividad de Tierras Forestales

Categoría y Reservorio	Dato de Actividad	Inc %	Fuente	Comentarios
TFTF				
Biomasa Viva				
Aumento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva	Superficie de Bosque Primario (todas las ecozonas) convertido a Bosque Secundario	15%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. La incertidumbre potencial de este estrato es elevada, al ser la combinación de 3 productos de teledetección. Al no conocer las incertidumbres de cada uno, se elige el valor más alto del rango por defecto
Disminución anual de las reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa	Volumen anual de madera rolliza extraída	30%	OBP 2003, p. 3.33	La OBP2003 asume que el volumen de madera extraída ilegalmente y madera de uso directo no afectan significativamente al volumen de madera aprovechada registrada
	Volumen anual de leña recogida	48%	Promedio de Opinión de Expertos. RAGEI USCUS 2014. MINAM, preliminar	Las fuentes oficiales empleadas para estimar el volumen de leña consumida no proveen ninguna información sobre incertidumbres de sus reportes
	Superficie afectada por incendios	30%	OBP 2003, p. 3.53	La OBP 2003 indica un rango de incertidumbre por defecto de 20% a 30% para las superficies quemadas, basado en la exactitud creciente de la detección de las mismas
	Superficie afectada por otros	15%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Son las mismas áreas de Bosque Primario convertido a Bosque Secundario, por tanto, se emplea la incertidumbre respectiva
Otros GEI				
Emisión de gases diferentes al CO ₂ por quema de biomasa	Superficie afectada por incendios	30%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Se asume que las áreas de cambio de Tierra Forestal a Tierra Agrícola son quemadas durante la conversión, por tanto, la incertidumbre es la misma
	Superficie de Bosque Primario (todas las ecozonas) convertida a Bosque Secundario	15%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Se asume que las áreas de cambio de Tierra Forestal a Tierra Agrícola son quemadas durante la conversión, por tanto, la incertidumbre es la misma
~TF				
Biomasa Viva				
Aumento anual de la reserva de carbono en la biomasa viva	Superficie anual reforestada (ha)	15%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor más alto porque la información del mapa se complementa con información estadística de plantaciones, cuya incertidumbre es desconocida

Superficie de Bosque Secundario	15%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	La incertidumbre potencial de este estrato es elevada, al ser la combinación de 3 productos de teledetección. Al no conocer las incertidumbres de cada uno se elige el valor más alto del rango por defecto de la OBP2003
Superficie de Tierra Agrícola convertida a Tierra Forestal	15%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	La incertidumbre potencial de este estrato es elevada, al ser la combinación de 3 productos de teledetección. Al no conocer las incertidumbres de cada uno se elige el valor más alto del rango por defecto de la OBP2003
Superficie de Praderas convertidas a Tierra Forestal	15%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	La incertidumbre potencial de este estrato es elevada, al ser la combinación de 3 productos de teledetección. Al no conocer las incertidumbres de cada uno se elige el valor más alto del rango por defecto de la OBP2003
Superficie de Asentamientos convertidos a Tierra Forestal	15%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	La incertidumbre potencial de este estrato es elevada, al ser la combinación de 3 productos de teledetección. Al no conocer las incertidumbres de cada uno se elige el valor más alto del rango por defecto de la OBP2003
Superficie de Otras Tierras convertidas a Tierra Forestal	15%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	La incertidumbre potencial de este estrato es elevada, al ser la combinación de 3 productos de teledetección. Al no conocer las incertidumbres de cada uno se elige el valor más alto del rango por defecto de la OBP2003

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12. Incertidumbres de los Factores de Emisión de Tierras Forestales

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
TFTF				
Biomasa Viva				
Aumento anual de las reservas de carbono en la biomasa viva	Tasa de crecimiento anual de la biomasa en bosques gestionados extensivamente (para todas las regiones climáticas)	30%	GL2006. Capítulo 4, pág. 4.19	El valor de la tasa de crecimiento fue tomado de la OBP2003. El valor para la incertidumbre fue tomado de las GL2006, que menciona incertidumbres generales de 30% para el stock en crecimiento de países no industrializados, e incertidumbres entre 10%-30% para incrementos del área basal en la Amazonía (Phillips et al., 2002).
	Fracción de carbono de la materia seca (FC)	6.4%	GL2006. Capítulo 4, Cuadro 4.3, pág. 4.56	Valor calculado en base al rango de valores mínimo, máximo y promedio provistos en la GL2006. Se usó la diferencia porcentual más grande entre el valor medio y el límite de confianza.
	Relación raíz-vástago	30%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.32	Valor por defecto de la OBP 2003
Disminución anual de las reservas de	Fracción de carbono de la materia seca (FC)	6.4%	GL2006. Capítulo 4, Cuadro 4.3, pág. 4.56	Valor calculado en base al rango de valores mínimo, máximo y promedio provistos en la GL2006. Se usó la diferencia porcentual

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
carbono debido a la pérdida de biomasa				más grande entre el valor medio y el límite de confianza.
	Densidad de madera básica (DB)	30.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.32	Valor por defecto de la OBP2003
	Factor de conversión de volumen rollizo sin corteza a volumen rollizo con corteza	33.3%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.30	La OBP 2003 indica que la corteza representa entre el 10% al 20% del volumen total (tallo mas corteza). Por defecto, se eligió el valor promedio de 15% como FE, y su incertidumbre se determinó usando el valor mínimo y máximo mencionados
	Factor de conversión y expansión de biomasa (BCEFr)	33.5%	GL2006. Capítulo 4, Cuadro 4.5, pág. 4.52	Valor calculado en base al rango de valores mínimo, máximo y promedio provistos en la GL2006, para el stock en crecimiento más apropiado. Se usó la diferencia porcentual más grande entre el valor medio y el límite de confianza.
	BEF ₂	41.2%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3A.1.10, pág. 3.30	Incertidumbre estimada a partir del rango de valores mínimo, máximo y promedio provistos en la OBP2003. Se empleó la diferencia porcentual más pequeña entre el valor medio y el límite de confianza, al corresponder a valores de bosques adultos.
	Valor medio de las reservas de biomasa en áreas forestales - Sierra	46.1%	Herramienta para el cálculo del nivel de referencia y la medición, reporte y verificación de las emisiones de gases de efecto invernadero por deforestación en Perú - Costa y Sierra. PNCBMCC - MINAM. Documento interno	Estimación realizada en base a los resultados del primer panel del Inventario Nacional Forestal de la ecozona Sierra
	Valor medio de las reservas de biomasa en áreas forestales - Selva Alta Accesible	6.7%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Valor medio de las reservas de biomasa en áreas forestales - Ecozona Selva Alta de Difícil Acceso	6.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
Valor medio de las reservas de biomasa en áreas forestales - Selva Baja	2.6%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona	

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
	Valor medio de las reservas de biomasa en áreas forestales - Zona Hidromórfica	17.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Fracción de biomasa que queda en el bosque y se descompone	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.28	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003.
Otros GEI				
Emisión de gases diferentes al CO2 por quema de biomasa	Masa combustible disponible - Ecozona Sierra	46.1%	Herramienta para el cálculo del nivel de referencia y la medición, reporte y verificación de las emisiones de gases de efecto invernadero por deforestación en Perú - Costa y Sierra. PNCBMCC - MINAM. Documento interno	Estimación realizada en base a los resultados del primer panel del Inventario Nacional Forestal de la ecozona Sierra
	Masa combustible disponible - Ecozona Selva Alta Accesible	6.7%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Masa combustible disponible - Ecozona Selva Alta de Difícil Acceso	6.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Masa combustible disponible - Ecozona Selva Baja	2.6%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Masa combustible disponible - Ecozona Hidromórfica	17.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Eficiencia de combustión	70.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.53	Valor por defecto establecido en la OBP2003 para los factores de emisión que participan en el cálculo de emisiones por quema de biomasa

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
	Factor de emisión de CH ₄	70.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.53	Valor por defecto establecido en la OBP2003 para los factores de emisión que participan en el cálculo de emisiones por quema de biomasa
	Factor de emisión de N ₂ O	70.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.53	Valor por defecto establecido en la OBP2003 para los factores de emisión que participan en el cálculo de emisiones por quema de biomasa
~TF				
Biomasa Viva				
Incremento de biomasa por crecimiento	Tasa de crecimiento anual de la biomasa en bosques gestionados intensivamente	35%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3A.1.6, pág. 3.175	Incertidumbre derivada del intervalo de confianza presentado para el valor de la media, para la especie Eucalipto, en la categoría Montano Húmedo, del Cuadro 3A.1.6
	Tasa de crecimiento anual de la biomasa en bosques gestionados extensivamente (para todas las regiones climáticas)	30%	GL2006. Capítulo 4, pág. 4.19	El valor de la tasa de crecimiento fue tomado de la OBP2003. El valor para la incertidumbre fue tomado de las GL2006, que menciona incertidumbres generales de 30% para el stock en crecimiento de países no industrializados, e incertidumbres entre 10%-30% para incrementos del área basal en la Amazonía (Phillips et al., 2002).
	Relación raíz-vástago	30%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.32	Valor por defecto de la OBP 2003
	Fracción de carbono de la materia seca (FC)	6.4%	GL2006. Capítulo 4, Cuadro 4.3, pág. 4.56	Valor calculado en base al rango de valores mínimo, máximo y promedio provistos en la GL2006. Se usó la diferencia porcentual más grande entre el valor medio y el límite de confianza.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13. Incertidumbres de los Datos de Actividad de Tierras Agrícolas

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
TATA				
Biomasa Viva				
Variación de las reservas de carbono de Cultivos Perennes	Superficie instalada de cultivos perennes	10%	GL2006. Capítulo 5, pág. 5.13	Las GL2006 mencionan que la incertidumbre de áreas de cultivos perennes podría ser baja (menor a 10%) porque los países generalmente registran las áreas anualmente y con métodos fiables
	Superficie perdida de cultivos perennes	76%	Combinación de incertidumbres	Se ha combinado la incertidumbre de la superficie instalada de cultivos perennes con la incertidumbre por defecto de los factores

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
				de emisión para especies perennes en la región climática Tropical, Húmeda (OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.2, pág. 3.76)
~TA				
Biomasa Viva				
Variación anual de las reservas de carbono por conversión a Tierras Agrícolas	Superficie de Tierra Forestal (Bosque Primario - todas las Ecozonas) convertida a Tierra Agrícola	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio. No se separan las áreas por Ecozonas porque en todos los casos el valor de incertidumbre es el mismo
	Superficie de Tierra Forestal (Bosque Secundario) convertida a Tierra Agrícola	15%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	La incertidumbre potencial de este estrato es elevada, al ser la combinación de 3 productos de teledetección. Al no conocer las incertidumbres de cada uno se elige el valor más alto del rango por defecto de la OBP2003
	Superficie de Praderas convertidas a Tierra Agrícola	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
	Superficie de Humedales (en No Bosque) convertidos a Tierra Agrícola	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
	Superficie de Asentamientos convertidos a Tierra Agrícola	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
	Superficie de Otras Tierras convertidas a Tierra Agrícola	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
Carbono orgánico del suelo				
Variación de las reservas de carbono en suelos minerales	Superficie de conversión a Tierras Agrícolas, en suelos tipo AAA	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
	Superficie de conversión Tierras Agrícolas, en suelos tipo ABA	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
Emisión de carbono de suelos orgánicos	Superficie de conversión Tierras Agrícolas, en suelos orgánicos	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
Otros GEI				
Emisión de gases diferentes al CO2 por quema de biomasa	Superficie de Tierra Forestal (Bosque Primario - todas las Ecozonas) convertida a Tierra Agrícola	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Se asume que las áreas de cambio de Tierra Forestal a Tierra Agrícola son quemadas durante la conversión, por tanto, la incertidumbre es la misma
	Superficie de Tierra Forestal (Bosque Secundario) convertida a Tierra Agrícola	15.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Se asume que las áreas de cambio de Tierra Forestal a Tierra Agrícola son quemadas durante la conversión, por tanto, la incertidumbre es la misma

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14. Incertidumbres de los Factores de Emisión de Tierras Agrícolas

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
TATA				
Biomasa Viva				
Variación de las reservas de carbono de Cultivos Perennes	Tasa de acumulación de biomasa	75%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.2, pág. 3.76 y 3.79	Valor por defecto para cultivos perennes en región climática Tropical, Húmeda
	Reservas de carbono en la biomasa aérea en la recolección	75%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.2, pág. 3.76 y 3.79	Valor por defecto para cultivos perennes en región climática Tropical, Húmeda
~TA				
Biomasa Viva				
Variación anual de las reservas de carbono por conversión a Tierras Agrícolas	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Bosque (Cantes) - Ecozona Selva Alta Accesible	6.7%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, cuando el uso inicial es bosque (Cantes) - Ecozona Selva Alta de Difícil	6.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
	Acceso			
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, cuando el uso inicial es bosque (Cantes) - Ecozona Selva Baja	2.6%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Bosque (Cantes) - Ecozona Hidromórfica	17.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Bosque, Bosque Secundario	50.0%	Valor temporal	El stock de carbono definido para los bosques secundarios viene del INGEI 2000, donde no se menciona fuente ni incertidumbre
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Praderas	75%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.4.9, pág. 3.135	Valor para Praderas en zona climática del IPCC Tropical - Húmeda y Muy Húmeda
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Humedales	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.155	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003.
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Asentamientos	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.155	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003.
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Otras Tierras	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.157	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003.
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión (CDespués)	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.92	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003. Por ejemplo, la leyenda del Cuadro 3.3.4, p. 3.83, lo menciona explícitamente

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
	Variación de las reservas de carbono en un año de crecimiento en Tierra Agrícola ($\Delta C_{\text{Crecimiento}}$)	75%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.8, pág. 3.95	Valor para Tierra Agrícola Anual
Carbono orgánico del suelo				
Variación de las reservas de carbono en suelos minerales	Valor de referencia de las reservas de carbono COS_{REF} , suelos tipo AAA y ABA	95%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.3, pág. 3.82	Valor por defecto para Suelos AAA y ABA en la región Tropical, Húmeda
	Factores de variación de las reservas: F_{UT} , F_{RG} y F_{E} en el año inicial, uso inicial Bosque o Pradera	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.98, 3.100 y 3.137	Para Bosques Naturales y Praderas Nativas (no degradadas o con régimen de alteración débiles), se supone que las reservas de Carbono en el suelo son iguales a los valores de referencia, por lo que F_{UT} , F_{RG} y F_{E} son iguales a 1. Así, los valores de incertidumbre no aplican cuando los factores tienen valores de referencia definidos, según el Cuadro 3.3.9, p. 3.100.
	Factores de variación de las reservas por uso de la tierra (F_{UT}) en el año final - uso final Tierra Agrícola	50%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.9, pág. 3.100	Valor por defecto para Barbecho Acortado
	Factores de variación de las reservas por régimen de gestión (F_{RG}) en el año final - uso final Tierra Agrícola	8%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.4, pág. 3.83	Valor por defecto para régimen Sin Labranza, en régimen de temperatura Tropical y régimen de humedad Muy Húmedo
	Factores de variación de las reservas por entrada de materia orgánica (F_{E}) en el año final - uso final Tierra Agrícola	4%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.4, pág. 3.83	Valor por defecto para nivel de entrada Bajo, en régimen de temperatura Tropical y régimen de humedad Muy Húmedo
Emisión de carbono de suelos orgánicos	Factor de emisión anual por tipo de clima	90%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.5, pág. 3.85	Valor por defecto para régimen de temperatura climático Tropical/Sub-tropical
Otros GEI				
Emisión de gases diferentes al CO ₂ por quema de biomasa	Masa combustible disponible - Ecozona Selva Alta Accesible	6.7%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Masa combustible disponible -	6.5%	Estimación de los contenidos de	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
	Ecozona Selva Alta de Difícil Acceso		carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Masa combustible disponible - Ecozona Selva Baja	2.6%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Masa combustible disponible - Ecozona Hidromórfica	17.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Masa combustible disponible - Bosque Secundario	50.0%	Valor temporal	El stock de carbono definido para los bosques secundarios viene del INGEI 2000, donde no se menciona fuente ni incertidumbre
	Eficiencia de combustión	70.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.53	Valor por defecto establecido en la OBP2003 para los factores de emisión que participan en el cálculo de emisiones por quema de biomasa
	Factor de emisión de CH ₄	70.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.53	Valor por defecto establecido en la OBP2003 para los factores de emisión que participan en el cálculo de emisiones por quema de biomasa
	Factor de emisión de N ₂ O	70.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.53	Valor por defecto establecido en la OBP2003 para los factores de emisión que participan en el cálculo de emisiones por quema de biomasa

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15. Incertidumbres de los Datos de Actividad de Praderas

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
~TP				
Biomasa Viva				
Variación anual de las reservas de carbono por conversión a Praderas	Superficie de Tierra Forestal (Bosque Primario - todas las Ecozonas)	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ - 15% , según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio. No se separan las áreas por

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
	convertida a Praderas			Ecozonas porque en todos los casos el valor de incertidumbre es el mismo
	Superficie de Tierra Forestal (Bosque Secundario) convertida a Praderas	15.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	La incertidumbre potencial de este estrato es elevada, al ser la combinación de 3 productos de teledetección. Al no conocer las incertidumbres de cada uno se elige el valor más alto del rango por defecto de la OBP2003
	Superficie de Tierras Agrícolas convertidas a Praderas	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
	Superficie de Humedales convertidos a Praderas	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
	Superficie de Asentamientos convertidos a Praderas	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
	Superficie de Otras Tierras convertidas a Praderas	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
Carbono orgánico del suelo				
Variación de las reservas de carbono en suelos minerales	Superficie de conversión a Praderas, en suelos tipo AAA	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
	Superficie de conversión Praderas, en suelos tipo ABA	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
Emisión de carbono de suelos orgánicos	Superficie de conversión a Praderas, en suelos orgánicos	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
Otros GEI				
Emisión de gases diferentes al CO ₂ por quema de biomasa	Superficie de Tierra Forestal (Bosque Primario - todas las Ecozonas) convertida a Praderas	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Se asume que las áreas de cambio de Tierra Forestal a Praderas son quemadas durante la conversión, por tanto, la incertidumbre es la misma
	Superficie de Tierra Forestal (Bosque	15.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Se asume que las áreas de cambio de Tierra Forestal a Praderas son quemadas durante la conversión, por tanto, la incertidumbre es la

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
	Secundario) convertida a Praderas			misma

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16. Incertidumbres de los Factores de Emisión de Praderas

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
~TP				
Biomasa Viva				
Variación anual de las reservas de carbono por conversión a Praderas	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Bosque (Cantes) - Ecozona Selva Alta Accesible	6.7%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, cuando el uso inicial es bosque (Cantes) - Ecozona Selva Alta de Difícil Acceso	6.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, cuando el uso inicial es bosque (Cantes) - Ecozona Selva Baja	2.6%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Bosque (Cantes) - Ecozona Hidromórfica	17.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Bosque, Bosque Secundario	50.0%	Valor temporal	El stock de carbono definido para los bosques secundarios viene del INGEI 2000, donde no se menciona fuente ni incertidumbre
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Tierra Agrícola	75%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.8, pág. 3.95	Valor por defecto para Tierra Agrícola Anual
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión,	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.155	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
	uso inicial Humedales			establecidos por los autores de la OBP2003.
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Asentamientos	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.155	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003.
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Otras Tierras	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.157	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003.
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión (CDespués)	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.92	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003. Por ejemplo, la leyenda del Cuadro 3.3.4, p. 3.83, lo menciona explícitamente
	Variación de las reservas de carbono en un año de crecimiento en Praderas (ΔC Crecimiento)	75%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.4.9, pág. 3.135	Valor para Praderas en zona climática del IPCC Tropical - Húmeda y Muy Húmeda
Carbono orgánico del suelo				
Variación de las reservas de carbono en suelos minerales	Valor de referencia de las reservas de carbono COS_{REF}	95%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.3, pág. 3.82	Valor por defecto para Suelos AAA en la región Tropical, Húmeda
	Factores de variación de las reservas: F_{UT} , F_{RG} y F_E en el año inicial, uso inicial Bosque	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.98, 3.100 y 3.137	Para Bosques Naturales y Praderas Nativas (no degradadas o con régimen de alteración débiles), se supone que las reservas de Carbono en el suelo son iguales a los valores de referencia, por lo que F_{UT} , F_{RG} y F_E son iguales a 1. Así, los valores de incertidumbre no aplican cuando los factores tienen valores de referencia definidos, según el Cuadro 3.3.9, p. 3.100.
	Factores de variación de las reservas por uso de la tierra (F_{UT}) en el año inicial, uso inicial Tierra Agrícola	50%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.9, pág. 3.100	Valor por defecto para Barbecho Acortado
	Factores de variación de las reservas por régimen de gestión (F_{RG}) en el año inicial, uso inicial Tierra Agrícola	8%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.4, pág. 3.83	Valor por defecto para régimen Sin Labranza, en régimen de temperatura Tropical y régimen de humedad Muy Húmedo
	Factores de variación de las reservas por entrada de materia orgánica (F_E) en el	4%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.4, pág. 3.83	Valor por defecto para nivel de entrada Bajo, en régimen de temperatura Tropical y régimen

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
	año inicial, uso inicial Tierra Agrícola			de humedad Muy Húmedo
	Factores de variación de las reservas por uso de la tierra (F _{UT}) en el año final, uso final Pradera	NA	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.4.5, pág. 3.127	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003.
	Factores de variación de las reservas por régimen de gestión (F _{RG}) en el año final, uso final Pradera	10%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.4.5, pág. 3.127	Valor por defecto para Pradera Moderadamente Degradada, en régimen climático Tropical
	Factores de variación de las reservas por entrada de materia orgánica (F _E) en el año final, uso final Pradera	NA	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.4.5, pág. 3.127	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003.
Emisión de carbono de suelos orgánicos	Factor de emisión anual por tipo de clima	90.00%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.4.6, pág. 3.127	Valor por defecto para régimen de temperatura climático Tropical/Sub-tropical
Otros GEI				
Emisión de gases diferentes al CO ₂ por quema de biomasa	Masa combustible disponible - Ecozona Selva Alta Accesible	6.7%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Masa combustible disponible - Ecozona Selva Alta de Difícil Acceso	6.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Masa combustible disponible - Ecozona Selva Baja	2.6%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Masa combustible disponible - Ecozona Hidromórfica	17.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Masa combustible disponible - Bosque Secundario	50.0%	Valor temporal	El stock de carbono definido para los bosques secundarios viene del INGEI 2000, donde no se menciona fuente ni incertidumbre
	Eficiencia de combustión	70.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.53	Valor por defecto establecido en la OBP2003 para los factores de emisión que participan en el cálculo de emisiones por quema de biomasa

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
	Factor de emisión de CH ₄	70.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.53	Valor por defecto establecido en la OBP2003 para los factores de emisión que participan en el cálculo de emisiones por quema de biomasa
	Factor de emisión de N ₂ O	70.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.53	Valor por defecto establecido en la OBP2003 para los factores de emisión que participan en el cálculo de emisiones por quema de biomasa

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17. Incertidumbres de los Datos de Actividad de Asentamientos

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
~AT				
Biomasa Viva				
Variación anual de las reservas de carbono por conversión a Asentamientos	Superficie de Tierra Forestal (Bosque Primario - todas las Ecozonas) convertida a Asentamientos	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio. No se separan las áreas por Ecozonas porque en todos los casos el valor de incertidumbre es el mismo
	Superficie de Tierra Forestal (Bosque Secundario) convertida a Asentamientos	15.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	La incertidumbre potencial de este estrato es elevada, al ser la combinación de 3 productos de teledetección. Al no conocer las incertidumbres de cada uno se elige el valor más alto del rango por defecto de la OBP2003
	Superficie de Tierras Agrícolas convertidas a Asentamientos	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
	Superficie de Praderas convertidos a Asentamientos	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
	Superficie de Otras Tierras convertidas a Asentamientos	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18. Incertidumbres de los Factores de Emisión de Asentamientos

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
~TA				
Biomasa Viva				
Variación anual de las reservas de carbono por conversión a Tierras Agrícolas	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Bosque (Cantes) - Ecozona Selva Alta Accesible	6.7%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, cuando el uso inicial es bosque (Cantes) - Ecozona Selva Alta de Difícil Acceso	6.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, cuando el uso inicial es bosque (Cantes) - Ecozona Selva Baja	2.6%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Bosque (Cantes) - Ecozona Hidromórfica	17.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Masa combustible disponible - Bosque Secundario	50.0%	Valor temporal	El stock de carbono definido para los bosques secundarios viene del INGEI 2000, donde no se menciona fuente ni incertidumbre
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Tierras Agrícolas	75%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.8, pág. 3.95	Valor por defecto para Tierra Agrícola Anual
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Praderas	75%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.4.9, pág. 3.135	Valor para Praderas en zona climática del IPCC Tropical - Húmeda y Muy Húmeda
	Reservas de carbono en la biomasa	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.157	Valores de incertidumbre no son aplicables a

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
	inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Otras Tierras			variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003
	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión (CDespués)	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.155	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19. Incertidumbres de los Datos de Actividad de Otras Tierras

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
~OT				
Biomasa Viva				
Variación anual de las reservas de carbono por conversión a Otras Tierras	Superficie de Tierra Forestal (Bosque Primario - todas las Ecozonas) convertida a Otras Tierras	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio. No se separan las áreas por Ecozonas porque en todos los casos el valor de incertidumbre es el mismo
	Superficie de Tierra Forestal (Bosque Secundario) convertida a Otras Tierras	15.0%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	La incertidumbre potencial de este estrato es elevada, al ser la combinación de 3 productos de teledetección. Al no conocer las incertidumbres de cada uno se elige el valor más alto del rango por defecto de la OBP2003
	Superficie de Tierras Agrícolas convertidas a Otras Tierras	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
	Superficie de Praderas convertidos a Otras Tierras	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio
	Superficie de Asentamientos convertidas a Otras Tierras	12.5%	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.59	Las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres entre $\pm 10\%$ -15%, según la OBP 2003. Se ha preferido emplear el valor promedio

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20. Incertidumbres de los Factores de Emisión de Otras Tierras

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
~TA				
Biomasa Viva				
Variación anual de las reservas de carbono por conversión a Tierras Agrícolas	Fracción de carbono de la materia seca (FC)	6.4%	GL2006. Capítulo 4, Cuadro 4.3, pág. 4.56	Valor calculado en base al rango de valores mínimo, máximo y promedio provistos en la GL2006. Se usó la diferencia porcentual más grande entre el valor medio y el límite de confianza.
	Cantidad de biomasa viva inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Bosque (Cantes) - Ecozona Selva Alta Accesible	6.7%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Cantidad de biomasa viva inmediatamente antes de la conversión, cuando el uso inicial es bosque (Cantes) - Ecozona Selva Alta de Difícil Acceso	6.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Cantidad de biomasa viva inmediatamente antes de la conversión, cuando el uso inicial es bosque (Cantes) - Ecozona Selva Baja	2.6%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Cantidad de biomasa viva inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Bosque (Cantes) - Ecozona Hidromórfica	17.5%	Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. MINAM 2014, p. 53, Tabla 10	Contenidos de carbono de la biomasa aérea, colectada de diversas instituciones y procesada y uniformizada por MINAM, para cada Ecozona
	Cantidad de biomasa viva inmediatamente antes de la conversión - Bosque Secundario	50.0%	Valor temporal	El stock de carbono definido para los bosques secundarios viene del INGEI 2000, donde no se menciona fuente ni incertidumbre
	Cantidad de biomasa viva inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Tierras Agrícolas	75%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.3.8, pág. 3.95	Valor por defecto para Tierra Agrícola Anual

Categoría y Reservorio	Factor de Emisión	Inc %	Fuente	Comentarios
	Cantidad de biomasa viva inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Praderas	75%	OBP2003. Capítulo 3, Cuadro 3.4.9, pág. 3.135	Valor para Praderas en zona climática del IPCC Tropical - Húmeda y Muy Húmeda
	Cantidad de biomasa viva inmediatamente antes de la conversión, uso inicial Asentamientos	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.155	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003
	Cantidad de biomasa viva inmediatamente después de la conversión (CDespués)	NA	OBP2003. Capítulo 3, pág. 3.157	Valores de incertidumbre no son aplicables a variables cuyos valores de referencia han sido establecidos por los autores de la OBP2003

Fuente: Elaboración Propia

Es importante mencionar algunos comentarios adicionales sobre los siguientes parámetros:

- Leña:

En el Perú, el volumen de leña producida y/o consumida es muy incierto. Existe el valor publicado en el anuario Perú Forestal en Números, estimado en base a la población total nacional y el consumo per cápita (diferenciado de acuerdo a las tres macroregiones naturales del Perú) que fue determinado por FAO en la década de los 70's. No se ha realizado ningún estudio posterior que actualice los consumos per cápita, sin embargo, se debe considerar el cambio en las condiciones nacionales, como el mayor acceso a energía eléctrica, la diversificación de las fuentes energéticas, los programas (aunque focalizados) de cocinas mejoradas, el cambio de la proporción de población urbana/rural, etc. que hace suponer que el consumo per cápita es menor que hace 3 décadas. Por ello, se ha añadido a la estimación un parámetro adicional de proporciones de población por región que usan leña para su consumo doméstico (preparación de alimentos) elaborado por el INEI. Con ello se espera haber calculado un volumen más realista del consumo de leña en el año inventario. Dado que ningún parámetro utilizado tiene información sobre el error o incertidumbre asociado, se asumió el mismo valor determinado por opinión de expertos en el RAGEI 2014.

- Incendios Forestales:

En el Perú, la institución encargada de registrar incendios es INDECI. Muchas de las ocurrencias registradas no contienen datos completos, como superficie quemada, tipo de cobertura afectada, entre otras; por lo que la mayoría de expertos del sector opinan que los incendios reportados por INDECI podrían estar siendo subestimados, sin especificar la magnitud potencial de la incertidumbre. Por tanto, se ha elegido el valor máximo del rango por defecto de la OBP2003.

- Plantaciones Forestales:

El valor de incertidumbre identificado en el RAGEI2014, proviene de opinión de experto. No obstante, no se ha podido encontrar ninguna referencia al respecto en el documento preliminar del inventario mencionado, por lo cual se ha preferido establecer

un nuevo valor cuyas fuentes sean totalmente verificables. Así, las superficies elaboradas con métodos de teledetección pueden tener incertidumbres tan bajas como $\pm 10-15\%$, según la OBP 2003. En este inventario, se ha usado como área base la superficie de plantaciones forestales del Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015), cuya elaboración consistió en la interpretación de imágenes satelitales de alta resolución del año 2011 y validación en campo de muestras definidas. Como medida conservadora se ha elegido el valor más alto del rango propuesto por defecto para productos de teledetección.

Si bien se emplea otra fuente de información de plantaciones, como lo es el registro de SERFOR reportado en el anuario Perú Forestal en Números, no se conoce la incertidumbre asociada a estas superficies. Como sucede con la superficie quemada, los expertos del sector opinan que los valores de SERFOR podrían estar seriamente sobreestimadas, y por ello, son empleadas como referencia.

- Bosque Secundario:

Si bien las superficies de cambio provienen de la matriz de uso y cambio de uso mencionada anteriormente, el área de bosque secundario (que permanece y que se pierde) tuvo que ser estimado con apoyo de información adicional. La estimación de superficie es temporal, hasta que se pueda tener una detección más robusta de los bosques secundarios (y que incluyan valores de incertidumbre). Dado que el mapa de uso y cambio de uso del suelo como los mapas de apoyo empleados para aproximar el área, provienen de protocolos establecidos por la investigación científica de entidades reconocidas, se decidió emplear el rango por defecto de incertidumbres de la OBP2003, seleccionando el límite más alto.

La tercera etapa, referida a los niveles de agregación o desagregación de categorías se ha realizado directamente sobre la plantilla de cálculo. Las directrices recomiendan agregar actividades cuando se conoce que existe correlación entre los datos. Una fuente de correlación es el uso de los mismos datos en múltiples cálculos, o la extracción de los valores de una misma fuente de información.

De acuerdo a esto, potencialmente se podría agregar varias actividades que comparten valores similares de incertidumbre de sus parámetros, como es el caso de todas las áreas de cambio de uso de la tierra, que provienen de la matriz. Sin embargo, se ha preferido no agregar aquellas categorías que, teniendo la misma incertidumbre de los datos de actividad, sí presentan diferentes valores de incertidumbre en sus factores de emisión, para no perder la riqueza de los datos. Este es el caso de las diferentes ecozonas de la categoría Tierras Forestales, donde cada una tiene un valor propio de incertidumbre de elaboración nacional.

Se puede concluir que de la aplicación de la etapa 3, se han obtenido categorías no agregadas cuando presentan diferentes valores de incertidumbre, ya sea en sus factores de emisión o en sus datos de actividad; y categorías que sí fueron agregadas, cuando ambos parámetros no contenían sub-estratificaciones que tener en cuenta. Los niveles de agregación pueden verse directamente en la Tabla 21 de resultados.

Luego de realizadas las etapas se llevó a cabo el análisis de las incertidumbres por categoría de uso de la tierra y la incertidumbre agregada del RAGEI USCUS 2012, usando el Método 1 de Propagación de Errores, tal como fue descrito en la sección anterior. Los resultados se aprecian en la siguiente tabla.

Tabla 21. Resultados del análisis de incertidumbre del RAGEI USCUS 2012 - Actualizado

A			B		D	E	F	G	H
Uso de la tierra Inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación	Reservorio	Gas	Actividad	Emisiones año 2012 (t CO ₂ eq)	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada $\sqrt{(E^2+F^2)}$ (Ec. 1)	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año 2012 (Ec. 2)
TFTF									
Tierra Forestal	Tierra Forestal	BV	CO ₂	Incremento - TFBsec	-333.22	15.0%	42.9%	45.5%	-0.3%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	BV	CO ₂	Pérdida - madera	8,196.09	30.0%	47.7%	56.4%	7.9%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	BV	CO ₂	Pérdida - leña	5,642.32	47.5%	51.3%	69.9%	6.7%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	BV	CO ₂	Pérdida - Incendios - SB	6.25	30.0%	6.9%	30.8%	0.0%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	BV	CO ₂	Pérdida - Incendios - S	0.45	30.0%	46.5%	55.3%	0.0%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	BV	CO ₂	Pérdida - TFBsec - SADA	829.48	15.0%	9.1%	17.5%	0.2%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	BV	CO ₂	Pérdida - TFBsec - SAA	2,240.81	15.0%	9.3%	17.6%	0.7%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	BV	CO ₂	Pérdida - TFBsec - SB	3,990.09	15.0%	6.9%	16.5%	1.1%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	BV	CO ₂	Pérdida - TFBsec - ZH	652.17	15.0%	18.7%	23.9%	0.3%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	Otros GEI	CH ₄	Quema biomasa - S	0.19	30.0%	109.19%	113.2%	0.0%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	Otros GEI	CH ₄	Quema biomasa - SB	0.27	30.0%	99.03%	103.5%	0.0%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	Otros GEI	CH ₄	Quema biomasa - TFBsec - SADA	35.73	15.0%	99.21%	100.3%	0.1%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	Otros GEI	CH ₄	Quema biomasa - TFBsec - SAA	96.19	15.0%	99.22%	100.4%	0.2%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	Otros GEI	CH ₄	Quema biomasa - TFBsec - SB	172.58	15.0%	99.03%	100.2%	0.3%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	Otros GEI	CH ₄	Quema biomasa -	27.87	15.0%	100.54%	101.6%	0.0%

A			B		D	E	F	G	H
Uso de la tierra Inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación	Reservorio	Gas	Actividad	Emisiones año 2012 (t CO ₂ eq)	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada $\sqrt{(E^2+F^2)}$ (Ec. 1)	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año 2012 (Ec. 2)
				TFBsec - ZH					
Tierra Forestal	Tierra Forestal	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - S	0.003	30.0%	98.99%	103.4%	0.0%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - SB	0.049	30.0%	99.03%	103.5%	0.0%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - TFBsec - SADA	6.447	15.0%	99.21%	100.3%	0.0%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - TFBsec - SAA	17.354	15.0%	99.22%	100.4%	0.0%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - TFBsec - SB	31.137	15.0%	99.03%	100.2%	0.1%
Tierra Forestal	Tierra Forestal	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - TFBsec - ZH	5.028	15.0%	100.5%	101.6%	0.0%
~TF									
Desconocido	Tierra Forestal	BV	CO2	Plantación Forestal	-2,638.76	15.0%	46.5%	48.9%	-2.2%
Desconocido	Tierra Forestal	BV	CO2	Bosque Secundario	-23,741.72	15.0%	42.9%	45.5%	-18.4%
TA, TP, AT, OT	Tierra Forestal	BV	CO2	Bosque Secundario	-183.42	15.0%	42.9%	45.5%	-0.1%
TATA									
Tierra Agrícola	Tierra Agrícola	BV	CO2	Instalación Cultivos Perennes	-8,998.08	10.00%	75.0%	75.7%	-11.64%
Tierra Agrícola	Tierra Agrícola	BV	CO2	Pérdida de Cultivos Perennes	8,398.96	75.66%	75.0%	106.5%	15.30%
~TA									
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	BV	CO2	Bosque Primario - SADA	4,188.49	12.50%	7.5%	14.6%	1.04%
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	BV	CO2	Bosque Primario - SAA	12,760.98	12.50%	8.0%	14.9%	3.24%
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	BV	CO2	Bosque Primario - SB	27,260.66	12.50%	3.9%	13.1%	6.10%
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	BV	CO2	Bosque Primario -	403.15	12.50%	17.1%	21.2%	0.15%

A			B		D	E	F	G	H
Uso de la tierra Inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación	Reservorio	Gas	Actividad	Emisiones año 2012 (t CO ₂ eq)	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada $\sqrt{(E^2+F^2)}$ (Ec. 1)	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año 2012 (Ec. 2)
				ZH					
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	BV	CO2	Bosque Secundario	126.51	15.00%	54.1%	56.1%	0.12%
Praderas	Tierra Agrícola	BV	CO2		431.75	12.50%	265.0%	265.3%	1.96%
Humedales	Tierra Agrícola	BV	CO2		-0.16	12.50%	75.0%	76.0%	0.00%
Asentamientos	Tierra Agrícola	BV	CO2		-0.12	12.50%	75.0%	76.0%	0.00%
Otras Tierras	Tierra Agrícola	BV	CO2		-0.55	12.50%	75.0%	76.0%	0.00%
TF, TP, AT, OT	Tierra Agrícola	Carbono del Suelo	CO2	Mineral, AAA y ABA	430.72	12.50%	71.3%	72.4%	0.53%
TF, TP, H, AT, OT	Tierra Agrícola	Carbono del Suelo	CO2	Orgánico	658.86	12.50%	90.0%	90.9%	1.02%
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	Otros GEI	CH4	Quema biomasa - SADA	188.29	12.5%	99.21%	100.0%	0.32%
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	Otros GEI	CH4	Quema biomasa - SAA	575.54	12.5%	99.22%	100.0%	0.98%
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	Otros GEI	CH4	Quema biomasa - SB	1,222.12	12.5%	99.03%	99.8%	2.09%
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	Otros GEI	CH4	Quema biomasa - ZH	18.29	12.5%	100.54%	101.3%	0.03%
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	Otros GEI	CH4	Quema biomasa - Bosque Secundario	5.26	15.0%	110.91%	111.9%	0.01%
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - SADA	33.97	12.50%	99.2%	100.0%	0.06%
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - SAA	103.84	12.50%	99.2%	100.0%	0.18%
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - SB	220.50	12.50%	99.0%	99.8%	0.38%
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - ZH	3.30	12.50%	100.5%	101.3%	0.01%
Tierra Forestal	Tierra Agrícola	Otros GEI	N2O	Quema biomasa -	0.95	15.0%	110.91%	111.9%	0.00%

A			B		D	E	F	G	H
Uso de la tierra Inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación	Reservorio	Gas	Actividad	Emisiones año 2012 (t CO ₂ eq)	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada $\sqrt{(E^2+F^2)}$ (Ec. 1)	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año 2012 (Ec. 2)
				Bosque Secundario					
~TP									
Tierra Forestal	Praderas	BV	CO2	Bosque Primario - SADA	453.93	12.50%	8.6%	15.2%	0.12%
Tierra Forestal	Praderas	BV	CO2	Bosque Primario - SAA	1,482.23	12.50%	9.4%	15.6%	0.40%
Tierra Forestal	Praderas	BV	CO2	Bosque Primario - SB	8,296.42	12.50%	5.1%	13.5%	1.91%
Tierra Forestal	Praderas	BV	CO2	Bosque Primario - ZH	547.28	12.50%	20.5%	24.0%	0.22%
Tierra Forestal	Praderas	BV	CO2	Bosque Secundario	2.51	15.00%	56.7%	58.6%	0.00%
Tierras Agrícolas	Praderas	BV	CO2		-242.51	12.50%	265.0%	265.3%	-1.10%
Humedales	Praderas	BV	CO2		-0.31	12.50%	75.0%	76.0%	0.00%
Asentamientos	Praderas	BV	CO2		-0.76	12.50%	75.0%	76.0%	0.00%
Otras Tierras	Praderas	BV	CO2		-8.37	12.50%	75.0%	76.0%	-0.01%
Tierra Forestal	Praderas	Carbono del Suelo	CO2	Mineral, AAA y ABA	5.21	12.50%	67.4%	68.5%	0.01%
Tierras Agrícolas	Praderas	Carbono del Suelo	CO2	Mineral, AAA y ABA	-55.79	12.50%	71.5%	72.6%	-0.07%
TF, TA, AT, OT	Praderas	Carbono del Suelo	CO2	Orgánico	189.82	12.50%	90.0%	90.9%	0.29%
Tierra Forestal	Praderas	Otros GEI	CH4	Quema biomasa - SADA	20.87	12.5%	99.21%	100.0%	0.04%
Tierra Forestal	Praderas	Otros GEI	CH4	Quema biomasa - SAA	68.64	12.5%	99.22%	100.0%	0.12%
Tierra Forestal	Praderas	Otros GEI	CH4	Quema biomasa - SB	379.04	12.5%	99.03%	99.8%	0.65%
Tierra Forestal	Praderas	Otros GEI	CH4	Quema biomasa - ZH	25.63	12.5%	100.54%	101.3%	0.04%

A			B		D	E	F	G	H
Uso de la tierra Inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación	Reservorio	Gas	Actividad	Emisiones año 2012 (t CO ₂ eq)	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada $\sqrt{(E^2+F^2)}$ (Ec. 1)	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año 2012 (Ec. 2)
Tierra Forestal	Praderas	Otros GEI	CH4	Quema biomasa - Bosque Secundario	0.11	15.0%	110.91%	111.9%	0.00%
Tierra Forestal	Praderas	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - SADA	3.77	12.50%	99.2%	100.0%	0.01%
Tierra Forestal	Praderas	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - SAA	12.38	12.50%	99.2%	100.0%	0.02%
Tierra Forestal	Praderas	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - SB	68.39	12.50%	99.0%	99.8%	0.12%
Tierra Forestal	Praderas	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - ZH	4.62	12.50%	100.5%	101.3%	0.01%
Tierra Forestal	Praderas	Otros GEI	N2O	Quema biomasa - Bosque Secundario	0.02	15.0%	110.91%	111.9%	0.00%
~AT									
Tierra Forestal	Asentamientos	BV	CO2	Bosque Primario - SADA	28.78	12.50%	6.5%	14.1%	0.01%
Tierra Forestal	Asentamientos	BV	CO2	Bosque Primario - SAA	27.86	12.50%	6.7%	14.2%	0.01%
Tierra Forestal	Asentamientos	BV	CO2	Bosque Primario - SB	1,465.45	12.50%	2.6%	12.8%	0.32%
Tierra Forestal	Asentamientos	BV	CO2	Bosque Primario - ZH	122.19	12.50%	17.5%	21.5%	0.04%
Tierra Forestal	Asentamientos	BV	CO2	Bosque Secundario	0.95	15.00%	50.0%	52.2%	0.00%
Tierras Agrícolas	Asentamientos	BV	CO2		4.25	12.50%	75.0%	76.0%	0.01%
Praderas	Asentamientos	BV	CO2		31.41	12.50%	75.0%	76.0%	0.04%
~OT									
Tierra Forestal	Otras Tierras	BV	CO2	Bosque Primario - SADA	21.13	12.50%	9.1%	15.5%	0.01%
Tierra Forestal	Otras Tierras	BV	CO2	Bosque Primario - SAA	18.10	12.50%	9.3%	15.6%	0.00%

A			B		D	E	F	G	H
Uso de la tierra Inicial	Uso de la tierra durante el año de notificación	Reservorio	Gas	Actividad	Emisiones año 2012 (t CO ₂ eq)	Incertidumbre en los datos de nivel de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada $\sqrt{(E^2+F^2)}$ (Ec. 1)	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año 2012 (Ec. 2)
Tierra Forestal	Otras Tierras	BV	CO2	Bosque Primario - SB	2,331.44	12.50%	6.9%	14.3%	0.57%
Tierra Forestal	Otras Tierras	BV	CO2	Bosque Primario - ZH	67.31	12.50%	18.7%	22.5%	0.03%
Tierra Forestal	Otras Tierras	BV	CO2	Bosque Secundario	4.45	15.00%	50.4%	52.6%	0.00%
Tierras Agrícolas	Otras Tierras	BV	CO2		0.22	12.50%	75.3%	76.3%	0.00%
Praderas	Otras Tierras	BV	CO2		23.34	12.50%	75.3%	76.3%	0.03%
Total					58,486.60				29.84%

Fuente: Elaboración Propia

Nota: En las Tierras Forestales, las siglas: S = Ecozona Sierra, SB = Ecozona Selva Baja, SADA = Ecozona Selva Alta de Difícil Acceso, SAA = Ecozona Selva Alta Accesible, ZH = Ecozona Hidromórfica.

En Suelos Minerales, las siglas: AAA = Arcillas de Alta Actividad y ABA = Arcillas de Baja Actividad

c) Comparación de los resultados originales y los resultados mejorados

Como puede verse en la Tabla 10. Resultados del análisis de incertidumbre del RAGEI USCUS 2012 - Original y Tabla 21. Resultados del análisis de incertidumbre del RAGEI USCUS 2012 - Actualizado, el cálculo modificado es mucho más extenso que el original. Ello debido a la inclusión de todos los parámetros que participan en la estimación de emisiones y absorciones del sector USCUS, en cumplimiento con el principio de exhaustividad que los inventarios de GEI nacionales deben tener. El resultado modificado presenta una incertidumbre mucho menor a la original, $\pm 29.84\%$ en comparación con $\pm 73.88\%$, que está directamente relacionado con lo anterior.

Dentro del cálculo existen algunos parámetros cuyas grandes incertidumbres (p.ej. las emisiones de CH_4 por quema de biomasa son muy inciertas) no son significativas en el nivel agregado, por el nivel de emisión de su categoría. De forma similar, grandes incertidumbres de datos de actividad o factores de emisión específicos son reducidos en la agregación de incertidumbres, o como en el caso de pérdidas de stock de carbono en TFTP, por la desagregación de sus componentes (en el cálculo original, madera, leña y otras pérdidas estaban agregadas sumando una incertidumbre combinada de 48%, luego de la desagregación en el cálculo modificado y la adjudicación de valores más apropiados para cada parámetro, la suma de sus incertidumbres no llega al 15%).

Dos categorías que aportaban en gran medida a la incertidumbre original, la conversión de bosque a Tierras Agrícolas (TFTA) y a Praderas (TFTP), cuyas incertidumbres aproximadas fueron 44% y 10%, respectivamente, se han reducido significativamente por la desagregación realizada de acuerdo a la Ecozona, y el uso de las incertidumbres propias de cada una. Anteriormente se asumía una incertidumbre de 75% (para TFTA) y 56% (para TFTP) en los factores de emisión, cuando las incertidumbres de las Ecozonas son mucho menores.

5. CONCLUSIONES

El procedimiento propuesto cuantifica las incertidumbres del sector USCUSSE de forma más completa y apropiada, en comparación con el procedimiento original, debido a la inclusión de todos los parámetros que participan en la estimación de emisiones y, principalmente, al uso de valores de incertidumbre más apropiados para cada parámetro. Sin embargo, la propuesta puede ser mejorada porque aún se utilizan muchos valores por defecto que no tienen aplicabilidad directa a las condiciones particulares de USCUSSE en el Perú. Un punto adicional de mejora futura consiste en determinar con mayor seguridad los niveles apropiados de agregación y desagregación de las categorías.

Más allá de las mejoras en el uso de la metodología para estimar incertidumbres, es necesario disponer de información de mayor calidad y de elaboración nacional, tanto de los factores de emisión y datos de actividad, si se quiere reducir la incertidumbre del sector USCUSSE. Además, se debe tener en cuenta que es igual de necesario registrar la incertidumbre de cada información que sea generada.

Esto último no sucede actualmente, especialmente con los datos de actividad que provienen de estadísticas nacionales, de los cuales es muy difícil estimar niveles de precisión. Por ejemplo, en el caso de las estadísticas de plantaciones forestales y consumo de leña que son ampliamente reconocidas como altamente inciertas, se debe recurrir al uso de incertidumbres de diferentes fuentes (p.ej. valores por defecto) ante la falta de una estimación nacional de su confiabilidad. Si bien este procedimiento es aceptado dentro del marco metodológico empleado, no es lo más apropiado y posiblemente ocasione la introducción de otras fuentes de incertidumbre que no son visibles en los resultados. Una buena alternativa es la colección de opinión de expertos, guardando todos los lineamientos descritos en las guías del IPCC.

Finalmente, es importante recordar que la estimación de las emisiones del sector USCUSSE y sus incertidumbres no es completa hasta la fecha, dado que aún no se han incluido las fuentes y sumideros de los biomas de Costa y Sierra.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar el procedimiento propuesto para el análisis de incertidumbres en futuros RAGEI del sector USCUS, así como en RAGEI anteriores. Un momento apropiado será durante la actualización de toda la serie temporal, que debe ocurrir una vez se tengan disponibles los mapas de uso y cambio de uso de la tierra que el PNCBMCC viene desarrollando.

Asimismo, sería una buena práctica desarrollar el Método 2 de análisis de incertidumbres, la Simulación de Monte Carlo, provisto en las guías IPCC. Los beneficios de usar dicho método consisten en obtener mayor exactitud de los resultados, aún si las incertidumbres de entrada son altas, están correlacionadas, son asimétricas, entre otras características, que reducen la efectividad del método de Propagación por Errores. Adicionalmente, la comparación de los resultados con ambos métodos es recomendada por las guías del IPCC.

En relación con lo anterior, es una necesidad urgente que se propicie el desarrollo de capacidades del personal involucrado en los inventarios de GEI, en el uso de ambas metodologías.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Consejo Nacional del Ambiente. (2001). *Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Recuperado de:
<http://unfccc.int/resource/docs/natc/pernc1.pdf>
- Convención Marco sobre el Cambio Climático. (2003). *Report of the Conference of the Parties on its eighth session, held at New Delhi from 23 October to 1 November 2002*. Recuperado de: <https://unfccc.int/resource/docs/cop8/07a02.pdf>
- Convención Marco sobre el Cambio Climático. (2015). Acuerdo de París. *Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 21^{er} período de sesiones, celebrado en París del 30 de noviembre al 13 de diciembre de 2015*. Recuperado de:
<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/10a01s.pdf>
- Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM. (2014). Aprueban disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INFOCARBONO). *Diario Oficial El Peruano*. Recuperado de:
<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/12/DS-013-2014-MINAM.pdf>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2000). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Recuperado de:
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2003). *Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura*. Recuperado de:
http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_languages.html
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Recuperado de: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Recuperado de:
<http://unfccc.int/resource/docs/natc/pernc2s.pdf>

- Ministerio del Ambiente. (2014). *Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú*. Recuperado de:
http://www.bosques.gob.pe/archivo/libro_carbono.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2014b). *Primer Informe Bienal de Actualización del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Recuperado de:
<http://unfccc.int/resource/docs/natc/perbur1.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2016). *El Perú y el Cambio Climático. Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Recuperado de: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/pernc3.pdf>
- Ministerio del Ambiente, (2016b). *Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del Sector Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura año 2014*. En prensa.
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Perú*. En prensa.

8. ANEXO: Autorización de uso de información del RAGEI USCUS 2012

Se adjunta la Carta N°-PNCBMCC-ATT que autoriza el uso de la información del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura, año 2014 (RAGEI USCUS 2014).