



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
ESCUELA DE POSGRADO

**Metodología para estimar la remoción y la reducción de gases efecto
invernadero por prácticas de manejo mejoradas en pastizales bajo el
Estándar de Carbono Voluntario**

Por

Jenny Catalina Romero Vargas

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado

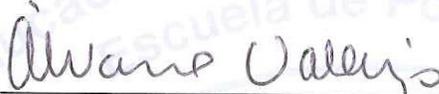
como requisito para optar por el grado de
Magister Scientiae en Agricultura Ecológica

Turrialba, Costa Rica, 2009

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE EN AGRICULTURA ECOLÓGICA

FIRMANTES:



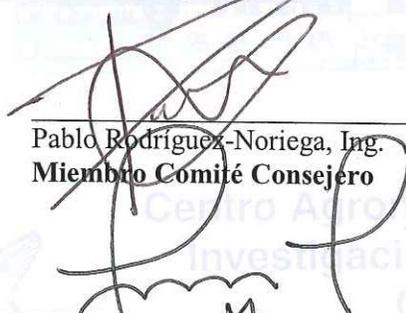
Alvaro Vallejo, M.Sc.
Co-Director de Tesis



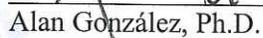
Lucio Pedroni, Ph.D.
Co-Director de Tesis



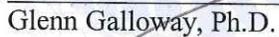
Gabriela Soto, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Pablo Rodríguez-Noriega, Ing.
Miembro Comité Consejero



Alan González, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado



Jenny Catalina Romero Vargas
Candidata

DEDICATORIA

A Dios mi padre y

A mi madre Rocío Vargas

motores de mi vida ayer, hoy y siempre

De manera especial a la memoria de mi

abuela Lilia Sánchez, ejemplo de

tenacidad y perseverancia

AGRADECIMIENTOS

A toda mi enorme familia Vargas que siempre han apoyado todas las etapas de mi vida y que llevo en lo más profundo de mi corazón. En especial a mis tíos: Edgar, Gustavo, Consuelo, Yaneth, Norma, Alba, Fernando y Walter, a mis hermanos Leonardo, Felipe y Natalia, a todos y cada uno de mis primos (Diana, Puchis, Fabian, Tati, Jhony, Kate, Bryam, Nico, Sofi, Jeto, Jana, Diego, pipe y hermanas) y a Néstor Forero.

A mi esposo Abraham Ramírez por emprender conmigo este nuevo reto de la vida.

A mis consejeros principales Lucio Pedroni y Alvaro Vallejo y a Pablo Rodríguez por apoyarme desde el inicio de este trabajo, por su enorme paciencia en este proceso y por darme la oportunidad de aprender de sus experiencias, muchas gracias.

A los miembros de mi comité asesor Gabriela Soto y Alan Figueroa por compartir sus conocimientos y por la atención a mis consultas.

Al grupo GAMMA liderado por el doctor Muhammad Ibrahim, en especial a los doctores Danilo Pezo y Andreas Nieuwenhyse por el apoyo y asesorías recibidas.

Al doctor Walter Oyhantcabal por su colaboración y apoyo recibido en el desarrollo del documento.

Al grupo cambio Climático por haberme acogido con cariño y apoyado, en especial a Paulo Hernández, Ligia Pérez, Andrea Cedeño, Celia Martínez, Zenia Salinas y Ángela Díaz.

A todo el personal de CATIE por hacer el ambiente acogedor, en especial a Juan Rojas (Juanito) y Luis Mora.

A todos mis amigos(as) y compañeros(as) que desde cerca o lejos han apoyado en mi estancia en CATIE. En especial a Helena Gutiérrez, Mercy Herrada, Angélica Beltrán, Nayibe Figueroa, Néstor Ortiz, Frank García, Johaan Tovar, Miguelito Ortega, Rodrigo Castro, Shenya Sima, Magdiel Soriano, Orlando Muñoz, Sidaly Ortega, Sergio Vílchez, Justo Castro, Adina Chain, Astrid Pulido, Ana Vera; a Liseth Hernández y a Grimaldo Soto gracias por la sabiduría de sus palabras y la compañía durante todo este tiempo.

A la Universidad del Tolima y el grupo ecológico por el apoyo brindado en mi pregrado y por los lineamientos en posgrado, en especial a Gonzalo Palomino, Alba Stella Riveros y Jairo Mora.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
CONTENIDO	V
INDICE DE TABLAS	VIII
INDICE DE FIGURAS	IX
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS	X
RESUMEN	XI
SUMMARY	XII
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Caracterización del problema y justificación del estudio	1
1.2 Objetivos del estudio	5
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
1.2.2.1 Preguntas de investigación que se abordarán en la metodología según los objetivos propuestos	6
2 MARCO CONCEPTUAL	9
2.1 Cambio climático	9
2.1.1 <i>Gases efecto invernadero</i>	9
2.1.2 <i>Carbono en el ciclo climático</i>	11
2.2 Uso de la tierra y el carbono	11
2.3 Pastizales	13
2.3.1 <i>Prácticas comunes de manejo en pastizales</i>	14
2.3.2 <i>Prácticas de manejo mejoradas en pastizales</i>	20
2.4 Mitigación del cambio climático	22
2.5 Mercados de carbono	23
2.5.1 <i>Estándares de mercado de carbono voluntario</i>	24
2.6 Estándar de Carbono Voluntario (VCS)	25
2.6.1 <i>Procedimiento para proponer nuevas metodologías bajo el VCS</i>	28
3 MÉTODOS	31
3.1 Proceso Metodológico	31
3.1.1 <i>Fase 1: Revisión literaria</i>	31
3.1.2 <i>Fase 2: Consulta de expertos</i>	32
3.1.3 <i>Fase 3: Planteamiento y desarrollo de la metodología</i>	32
4 RESULTADOS	35
4.1. Condiciones de aplicabilidad y adicionalidad	36
4.1.1 <i>Selección del enfoque de línea base de acuerdo con el párrafo 22^a de las modalidades y procedimientos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM)</i>	36
4.1.2 <i>Aplicabilidad</i>	36
4.1.3 <i>Adicionalidad</i>	37
4.2 Descripción de la metodología de línea base	37
4.2.1 <i>Definición de los límites del proyecto</i>	37
4.2.1.1 <i>Límites espaciales</i>	38
4.2.1.2 <i>Límites temporales. Definidos por:</i>	38

4.2.1.3 Reservorios de carbono seleccionados.....	39
4.2.1.4 Fuentes de emisión de gases efecto invernadero (GHG).....	40
4.2.2 Elegibilidad de tierras	41
4.2.3 Estratificación <i>ex ante</i>	42
4.2.4 Procedimiento para la selección del escenario de línea base más viable	48
4.2.5. Remociones y emisiones de GHG en línea base.....	51
4.2.5.1 Remoción de GHG por sumideros en línea base	51
4.2.5.1.1 Cambios en las existencias de carbono de biomasa de árboles en línea base	52
4.2.5.1.2 Cambios en las existencias de carbono de biomasa de vegetación no leñosa (arbustos y herbáceas) en línea base.....	59
4.2.5.2 Emisiones de GHG en el escenario de línea base	65
4.2.5.2.1 Estimación de emisiones de GHG no CO ₂ por quema de biomasa de vegetación existente.....	66
4.2.5.2.2 Estimación de GHG no CO ₂ proveniente ganado.....	69
4.2.5.2.3 Estimación directa de emisiones de N ₂ O como resultado de la aplicación de nitrógeno en línea base (E _{fert_N2O}).....	75
4.2.5.2.4 Estimación de GHG por consumo de combustible fósil (E _{FC})	75
4.2.6 Remoción y emisión neta de GHG por sumideros en el escenario del proyecto.....	75
4.2.6.1 Remoción de GHG en el escenario del proyecto	75
4.2.6.1.1 Cambios en las existencias de carbono de biomasa de árboles en el escenario de proyecto	77
4.2.6.1.2 Cambios en las existencias de carbono en biomasa de arbustos arriba y debajo del suelo en el escenario del proyecto	84
4.2.6.1.3 Cambios en las existencias de carbono en biomasa de herbáceas arriba y debajo del suelo en el escenario del proyecto	84
4.2.6.1.4 Carbono orgánico en el suelo (SOC) en el escenario del proyecto.....	87
4.2.6.2 Estimación de emisiones GHG por fuentes dentro de los límites del proyecto.....	91
4.2.6.2.1 Estimación de emisiones de GHG no CO ₂ por quema de biomasa de vegetación existente.....	92
4.2.6.2.2 Estimación de GHG no CO ₂ del ganado.....	92
4.2.6.2.3 Estimación directa de emisiones de N ₂ O como resultado de la aplicación de nitrógeno dentro de los límites del proyecto (E _{fert_N2O}).....	93
4.2.6.2.4 Estimación de emisiones GHG por quema de combustibles fósiles (E _{FC}).....	93
4.2.7 Fugas	93
4.2.8 Reducciones y remociones netas antropógenas <i>ex ante</i> de GHG por sumideros.....	95
4.2.9 Créditos de reserva (Búfer)	96
4.3 Descripción de la metodología de monitoreo	97
4.3.1 Monitoreo de los límites de proyecto.....	98
4.3.2 Monitoreo de la implementación del proyecto	98
4.3.3 Monitoreo de cambios en las existencias de carbono en los reservorios.....	99
4.3.3.1 Diseño de muestreo.....	99
4.3.3.1.1 Monitoreo de la estratificación <i>ex post</i>	99

4.3.3.2 Marco de muestreo.....	100
4.3.3.2.1 Tamaño de la muestra	100
4.3.3.2.2 Forma y tamaño de las parcelas de muestreo.....	102
4.3.3.2.3 Ubicación de la parcela.....	106
4.3.3.2.4 Duración de las parcelas	106
4.3.3.2.5 Frecuencia del muestreo	107
4.3.4 <i>Monitoreo de emisiones de GHG por actividades del proyecto y fugas</i>	107
4.3.5 <i>Monitoreo de la remoción y reducción de GHG antropógenas neta ex post</i>	108
4.3.6 <i>Monitoreo de la reserva (búfer)</i>	108
4.3.7 <i>Control de calidad y asegurar la calidad</i>	109
4.3.8 <i>Incertidumbres</i>	110
4.4 Lista de variables utilizadas en las ecuaciones	112
5. CONCLUSIONES	122
BIBLIOGRAFÍA	123
ANEXOS	127
ANEXO 1. Definiciones	128
ANEXO 2. Tablas.....	133
ANEXO 3. Tool for the demonstration and assessment of additionality in A/R CDM project activities	148
ANEXO 4. Tool for Estimation of direct nitrous oxide emission from nitrogen fertilization	158
ANEXO 5. Tool for Estimation of GHG emissions related to displacement of grazing activities in A/R CDM project activity	162
ANEXO 6. Tool: “Estimation of GHG emissions related to fossil fuel combustion in A/R CDM project activities”	179
ANEXO 7. Tool for testing significance of GHG emissions in A/R CDM project activities.	185

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Gases efecto invernadero modificados por acción humana.....	10
Tabla 2. Reservorios de carbono excluidos o incluidos dentro de los límites de las actividades de proyecto.....	39
Tabla 3. Fuentes de emisión de GHG excluidos o incluidos dentro de los límites de las actividades de proyecto.....	40
Tabla 4. Sistemas productivos y prácticas de manejo presentes en los estratos de línea base ..	44
Tabla 5. Modelos productivos y prácticas de manejo presentes en los estratos bajo el escenario del proyecto	46
Tabla 6. Estratificación final ex ante	47
Tabla 7. Emisiones de GHG en la línea base por prácticas de manejo actuales o históricas	66
Tabla 8. Emisiones de GHG por fuentes en el escenario del proyecto.....	92
Tabla 9. Remoción y reducción ex ante de GHG netos antropogénicas	96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento para la aprobación de un proyecto bajo el VCS	27
Figura 2. Proceso de aprobación de metodologías bajo el estándar de voluntario de Carbono VCS. (PP: Proponente del proyecto).	29
Figura 3. Proceso metodológico para el desarrollo de la metodología bajo el VCS	33
Figura 4. Límites de las actividades de proyecto	37

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS¹

INGLES	MEANING	ESPAÑOL	SIGNIFICADO
AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Use	AFOLU	Agricultura, Forestería y Otros Usos de la Tierra:
ALM	Agricultural Land Management	ALM	Manejo de Tierras Agrícolas
AR	Afforestation Reforestation	F/R	Forestación Reforestación
ARR	Afforestation, Reforestation and Revegetation	ARR	Forestación, Reforestación y Revegetación
BEF	Biomass Expansion Factor	FEB	Factor de expansión de Biomasa
C	Carbon	C	Carbono
CDM	Clean Development Mechanism	MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
CFC	Cloroflorocarbon	CFC	Cloroflorocarbono
CH ₄	Methano	CH ₄	Metano
CO ₂	Carbon Dioxide	CO ₂	Dióxido de carbono
CO ₂ e	Carbon Dioxide Equivalent	CO ₂ e	Dióxido de carbono equivalente
DBH	Diameter at Breast Height	DAP	Diámetro a la altura de pecho
GHG	Greenhouse Gases	GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIS	Geographic Information System	SIG	Sistema de Información Geográfica
GPS	Global Position System	GPS	Sistema de posicionamiento global
GWP	Global Warming Potential		Potencial de calentamiento global
IETA	International Emissions Trading Association	IETA	Asociación Internacional de Comercio de Emisiones
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
KP	Kyoto Protocolo	PK	Protocolo de Kioto
LULUCF	Land Use, and Use Change and Forestry	LULUCF	Uso de la Tierra, Cambio en el Uso de la Tierra y Forestación
N ₂ O	Nitrous oxide	N ₂ O	Oxido Nitroso
PDD	Project Design Document	PD	Documento de Proyecto
SOC	Soil Organic Carbon	COS	Carbono orgánico del suelo
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre el cambio climático
VCS	Voluntary Carbon Standard	VCS	Estándar de Carbono Voluntario
VCU	Voluntary Carbon Unit	VCU	Unidad Voluntaria de Carbono

¹ En este documento se utiliza los acrónimos y nombres en su forma en Inglés, para evitar confusiones que puedan originarse en sus traducciones.

RESUMEN

Romero Vargas, J.C. 2008. Metodología para estimar la remoción y la reducción de gases efecto invernadero por prácticas de manejo mejoradas en pastizales bajo el Estándar de Carbono Voluntario. Tesis Mag. Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 126 p.

Palabras clave: pastizales, gases efecto invernadero, remoción, reducción, línea base, escenario de proyecto, prácticas de manejo, fuentes de emisión, reservorios de carbono, Estándar de Carbono Voluntario.

Cada día el incremento de gases de efecto invernadero (GHG) en la atmósfera causados por la actividad humana, representan una amenaza sobre la vida en el planeta. Las prácticas de manejo llevadas a cabo en los diferentes usos de la tierra, especialmente en áreas de pastizales, contribuyen en la emisión de estos gases. A nivel mundial se han creado diferentes estrategias para contrarrestar esta problemática, en donde los mercados de carbono, tanto los regulados como los voluntarios, representan una oportunidad para la recuperación de tierras y la mitigación del cambio climático mediante la generación y venta de créditos por remoción y reducción de carbono, respaldados por estándares sólidos y metodologías rigurosas que verifiquen y certifiquen estos créditos.

Hasta el momento, sólo se han aprobado metodologías para el desarrollo de proyectos forestales, dejándose de lado los demás usos de la tierra, no obstante, uno de los estándares de mayor credibilidad, el Estándar de Carbono Voluntario (VCS) contempla cuatro categorías de usos de la tierra, ofreciendo además guías para el desarrollo de nuevas metodologías. Por lo tanto, la presente investigación se enfocó en el desarrollo de una metodología para estimar la remoción y la reducción de GHG en pastizales basada en las guías del VCS en la categoría de Manejo de Tierras Agrícolas (ALM), para que proyectos de manejo en estas tierras puedan acceder a los beneficios del mercado de carbono; para ello, fue necesario realizar un análisis a las metodologías aprobadas en forestación, a las herramientas disponibles para tareas específicas desarrolladas por el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y a las normas ISO (14064), como también acceder a la consulta de expertos en el tema.

La metodología se encuentra conformada por cuatro componentes principales: el primero, contempla las condiciones de aplicabilidad y adicionalidad bajo las cuales es aplicable la metodología, siendo el uso de la tierra pastizal el de mayor relevancia y para la adicionalidad se hace referencia al uso de la herramienta de adicionalidad aprobada por el MDL; el segundo componente quizás el más importante, establece la metodología de línea base, la cual, permite estimar las remociones y las reducciones de emisiones netas *ex ante* de GHG por sumideros y fuentes tanto en línea base como en el escenario de proyecto; el tercer componente es la metodología de monitoreo, la cual, describe los elementos utilizados por los participantes del proyecto para reunir, analizar y archivar datos necesarios para demostrar, conservadora y transparentemente, las remociones y reducciones de emisiones *ex post* de GHG que produce la actividad del proyecto. El último componente incluye una lista de variables utilizadas en las ecuaciones para la estimación *ex ante* y *ex post*. La presente metodología es la primera desarrollada en la categoría ALM, excluida actualmente en los mercados de carbono, abriendo las puertas para la comercialización de créditos de carbono en el desarrollo de proyectos en pastizales.

SUMMARY

Romero Vargas, J.C. 2008. Methodology to estimate the removal and reduction of greenhouse gases by improved management practices on grassland under the Voluntary Carbon Standard. Thesis Mag Sc. Tropical Agricultural Research and Higher Education Center (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 126 p.

Keywords: grassland, greenhouse gases, carbon removal, emissions reduction, baseline, scenario, project scenario, project activities, management practices, emission sources, carbon pools, Voluntary Carbon Standard.

The increase of greenhouse gases (GHG) in the atmosphere caused by day by day human activities represent a threat to the life on the planet. Management practices carried out in the different land uses, especially in grassland areas contribute to the emission of these gases. Different strategies have been developed at worldwide scale to combat this problem. In some of these strategies, carbon markets, both regulated and voluntary, represent an opportunity for land recovery and mitigating climate change at the same time by generating carbon credits representing GHG removals and reduction.

Main carbon markets are backed by solid standards and strict methodologies for the verification and certification of these removals and reductions. So far, only methodologies for the development of forestry projects have been approved, leaving aside other land uses. However, the Voluntary Carbon Standard (VCS), one of the standards of greatest credibility provides four categories of land uses, offering guides for the development of new methodologies. Therefore, this investigation is focused on the development of a methodology for estimating removals and reductions of GHG in pastures based on the VCS guides in the category of Agricultural Land Management (ALM), so that projects in these kind of lands can benefit from carbon market. To develop this methodology, an exhaustive analysis of approved methodologies in afforestation/reforestation, as well as the available tools for this kind of projects published by the CDM Executive Board (EB) was carried out. ISO norms and CDM experts were also consulted.

The methodology is composed of four major components. The first provides the applicability and additionality conditions under which the methodology is applicable. Grasslands are the main land use and for the additionality analysis, the methodological tool approved by the EB was used. The second component -perhaps the most important-, sets out baseline methodology, which allows the estimation of removals and reductions that would happen both in the absence of the project and when implementing proposed project activities. Third component is the monitoring methodology which describes the procedures used to collect, analyze and archive data required to demonstrate transparently and conservatively the *ex post* GHG reductions and emissions generated by project activities. Last component includes the list of variables used in all the equations for *ex ante* and *ex post* estimations. This methodology is the first one developed for the ALM category under the VCS, category that has been excluded from carbon markets, providing thus a way for merchandising carbon credits generated by project activities in grasslands.

INTRODUCCIÓN

1.1 Caracterización del problema y justificación del estudio

El cambio climático es considerado un problema global y complejo que afecta y compromete la existencia de la vida en el planeta. El cambio de uso del suelo, el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) y otras actividades ligadas al desarrollo tecnológico y económico en los últimos 100 años han conducido a modificar las condiciones naturales de la atmósfera, alterando el sistema climático y causando graves perjuicios para la humanidad (IPCC 2007a).

La comunidad internacional ha tomado conciencia de esta problemática y está realizando esfuerzos comunes para enfrentarla. En 1992, durante la cumbre de la Tierra, se acordó el texto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC²), cuyo objetivo es el estabilizar las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GHG) en la atmósfera a un nivel que permita evitar interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático (UNFCCC 1992).

De esta forma, la UNFCCC se constituye como la “Estrategia Internacional de Mitigación del Cambio Climático”. Así mismo, en 1997, y a fin de reforzar lo establecido en la Convención, se acordó el Protocolo de Kioto (KP), un instrumento jurídico de la UNFCCC que establece compromisos cuantitativos de reducción de emisiones de GHG en un 5.2% para el período 2008-2012 con respecto a las emisiones agregadas de 1990 de un grupo de países desarrollados, llamados según el Protocolo del “Anexo B” (Kyoto Protocol 1998).

Para permitir a los países del Anexo B que su meta de reducción de emisiones de GHG se pueda lograr de una manera costo-efectiva, el Protocolo incorporó varios mecanismos de cumplimiento, conocidos como los “mecanismos de flexibilidad”. Uno de estos mecanismos es el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (CDM) mediante el cual, proponentes de proyectos en los países en desarrollo (“no Anexo 1”) pueden reducir o remover emisiones de

² En esta tesis se optó por utilizar los acrónimos en inglés, siendo estos más usados en la literatura y en las discusiones internacionales.

GHG en la atmósfera, recibiendo como compensación un certificado de emisión reducida (CER) por cada tonelada métrica de dióxido de carbono (CO₂-e) reducida o removida. Los CERs pueden ser comprados por los países del Anexo B para compensar emisiones de GHG arriba de su cuota (Kyoto Protocol 1998).

Con la entrada en vigencia del KP en febrero del 2005 se dió un gran impulso al desarrollo de los mercados mundiales de certificados de reducción de emisiones, conocidos como el “Mercado del Carbono”. Debido a las cada vez más claras evidencias y consecuencias del cambio climático y al crecimiento de las transacciones en el mercado de CERs, nuevas iniciativas, diferentes a la UNFCCC han generado otros mercados de carbono no circunscritos al KP (Eguren 2004). De esta manera, actualmente, el mercado de carbono se encuentra conformado por un sistema internacional regulado y obligatorio (el mercado del KP) y otros mercados voluntarios por fuera del KP.

Hasta el 31 de diciembre de 2012, fecha en finaliza el primer período de cumplimiento del KP, en el CDM las partes (los países que lo han ratificado), solamente han permitido la implementación de proyectos de forestación y reforestación, dejando por fuera actividades como la reducción de la deforestación, principal fuente de emisiones en el sector “AFOLU” (Agricultura, Forestería y Otros Usos de la tierra), el manejo de tierras agrícolas y pastizales. Sin embargo, actividades de AFOLU que reducen o remueven emisiones de GHG podrían incluirse en los futuros acuerdos para el período post 2012, y en parte ya se permiten en los mercados voluntarios.

Los pastizales en particular, representan una gran proporción de los distintos tipos de tierras y tipos de ocupación, además, tienen una gran adaptación a diferentes condiciones climáticas, cubriendo un cuarto de la superficie terrestre. La mayoría de los pastizales se encuentran en áreas tropicales y en tierras áridas y debido a su manejo son una fuente significativa de emisiones de GHG (IPCC 2006).

Los mercados voluntarios de carbono representan una oportunidad para financiar mediante el mecanismo de generación y venta de reducciones de emisiones de GHG, diferentes tipos de actividades en el sector AFOLU.

Estos mercados proveen oportunidades para la conservación y recuperación de tierras en proceso de degradación, al mismo tiempo que permiten contribuir a la mitigación del cambio climático, usando tecnologías de conservación y manejo sostenible de los suelos que ya están disponibles, no obstante, en el medio rural de los países en desarrollo enfrentan diversas barreras para su adopción a gran escala.

Con el fin de generar confianza entre los compradores de reducciones de emisiones de GHG en los mercados voluntarios, en los últimos años se han venido desarrollando una serie de iniciativas para formular estándares y metodologías de estimación de reducción de emisiones y procedimientos rigurosos para verificarlas y certificarlas.

Los proponentes de proyectos que quieren participar como oferentes de reducciones de emisiones en los mercados regulados o voluntarios de carbono deben hoy día utilizar metodologías aprobadas bajo los estándares más creíbles ante los compradores de reducciones de emisiones. Estimaciones de reducciones de emisiones de GHG efectuadas sin el uso de metodologías aprobadas no tienen credibilidad en el mercado del carbono y difícilmente pueden ser objeto de transacciones. Por esta razón, categorías de proyecto que no cuentan con una metodología aprobada no pueden participar en el mercado del carbono.

Actualmente, uno de los recientes estándares de mayor credibilidad es el Estándar Voluntario de Carbono (VCS), en el cual se han definido cuatro categorías de proyectos relacionados con el manejo de emisiones de GHG en actividades de proyecto AFOLU. Dicho estándar incluye guías para la preparación y aprobación de metodologías para cada una de las cuatro categorías. Las categorías elegibles para el VCS son: Forestación, Reforestación y Revegetación (ARR), Manejo de Tierras Agrícolas (ALM), Manejo Mejorado de Bosques (IFM) y Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques (REDD) (VCS 2007b).

De estas categorías, sólo la primera trabaja con metodologías ya establecidas, pues el VCS permite el uso de las metodologías aprobadas por el CDM (de las cuales hasta el momento existen catorce para actividades AR (Forestación y Reforestación); para las demás categorías aún no existen metodologías aprobadas.

Por lo anterior, el desarrollo y posterior aprobación de una metodología aplicable a proyectos de manejo y recuperación de pastizales que permita estimar reducciones y remociones de

GHG de acuerdo con las guías del VCS para la categoría ALM sería una contribución muy importante al proceso.

Con el fin de contribuir a que los proyectos de manejo de pastizales puedan acceder a los beneficios del mercado de carbono, la presente investigación se enfocó en el desarrollo de una metodología específica para este tipo de proyecto, tomando en cuenta las guías del VCS para la categoría ALM, bajo la cual se suscriben los proyectos de manejo de pastizales.

De acuerdo con los estándares metodológicos actuales, incluyendo el VCS, una metodología comprende varios componentes o “módulos”. El componente más importante es quizás el módulo de línea base, que permite estimar las emisiones de GHG y los cambios de existencia de carbono que ocurrían en ausencia de la actividad del proyecto. Para determinar el beneficio neto para la atmósfera, una metodología debe además permitir la estimación de las emisiones de GHG y de los cambios de existencias de carbono que ocurren con el proyecto. A estas deben sustraerse las emisiones de línea base, la suma de los cambios de existencias de carbono de la línea base y cualquier emisión incremental o pérdida de existencia de carbono que ocurra por fuera del límite espacial de la actividad del proyecto y que se pueda atribuirse a la implementación del proyecto mismo.

Los principios científicos mediante los cuales se deben realizar todas las mediciones de campo y los cálculos, deben ser aquellos establecidos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), aplicando los principios de conservadurismo y transparencia de las estimaciones. Dichos principios y su aplicación se encuentran resumidos e interpretados en las guías metodológicas del VCS, lo cual, permitirá que la aplicación de una metodología establecida bajo los lineamientos del VCS genere estimaciones comparables en el tiempo y en el espacio, precisas y conservadoras (sin sobreestimaciones), asequible y verificables, guiada bajo el esquema del estándar de mercados voluntarios (VCS) y los requerimientos de la ISO 14064.

1.2 Objetivos del estudio

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar una metodología de remoción y reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GHG) en pastizales por prácticas de manejo mejoradas utilizando el Estándar de Carbono Voluntario (VCS).

1.2.2 Objetivos específicos

- Establecer las condiciones de aplicabilidad y **de adicionalidad** de una metodología de remoción y reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GHG) en pastizales por prácticas de manejo mejoradas, bajo el Estándar de Carbono Voluntario (VCS).
- Describir la metodología de línea base para estimar la remoción y reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GHG) que ocurrirían en pastizales en ausencia de una actividad de proyecto que mejore las prácticas de manejo siguiendo los lineamientos del Estándar de Carbono Voluntario (VCS).
- Describir la metodología que defina el escenario del proyecto según las actividades que mejoren las prácticas de manejo en pastizales para la remoción y la reducción de emisiones GHG según lineamientos del Estándar de Carbono Voluntario (VCS).
- Describir la metodología para estimar la emisión de fuentes de fugas por fuera de los límites del proyecto atribuibles a la implementación de la actividad de proyecto.
- Describir la metodología para estimar las reducciones y remociones netas de GHG por fuentes y sumideros debido a la implementación del proyecto
- Describir la metodología de monitoreo de remoción y reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GHG) en pastizales por prácticas de manejo mejoradas bajo el Estándar de Carbono Voluntario (VCS).

1.2.2.1 Preguntas de investigación que se abordarán en la metodología según los objetivos propuestos

- **Objetivo 1.** Establecer las condiciones de aplicabilidad y de adicionalidad de una metodología de remoción y reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GHG) en pastizales por prácticas de manejo mejoradas, bajo el Estándar de Carbono Voluntario (VCS).
 - ¿Bajo cuales condiciones un proponente de proyecto podrá aplicar la metodología propuesta?
 - ¿Cuáles son los reservorios de carbono y las fuentes de emisiones que deben considerarse en la metodología tomando en cuenta las condiciones de aplicabilidad?
 - ¿Bajo cuales circunstancias un proyecto propuesto generará beneficios para la mitigación del cambio climático que sean adicionales a los que ocurrirían en ausencia del proyecto propuesto?
- **Objetivo 2.** Describir la metodología de línea base para estimar la remoción y reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GHG) que ocurriría en los pastizales en ausencia de las prácticas de manejo mejoradas propuesta por el proyecto.
 - ¿Cuál es el escenario de uso y cobertura del suelo más probable en ausencia de las actividades de proyecto?
 - ¿Cuáles reservorios de carbono son más susceptibles de cambiar en ausencia de la actividad del proyecto?
 - ¿Cómo se estiman los cambios en existencias de carbono en los reservorios susceptibles a cambios en ausencia de la actividad del proyecto?
 - ¿Cuáles fuentes de emisiones son más probables de existir en ausencia de la actividad del proyecto?
 - ¿Cómo estimar las emisiones de las fuentes más probables de existir en ausencia de la actividad del proyecto?

- **Objetivo 3.** Describir la metodología que defina el escenario del proyecto según las actividades que mejoren las prácticas de manejo en pastizales para la remoción y la reducción de emisiones GHG según lineamientos del Estándar de Carbono Voluntario (VCS).
 - ¿Cuáles son los límites espaciales y temporales contemplados en el escenario de proyecto?
 - ¿Cuáles son las actividades de proyecto que mejoran las prácticas de manejo?
 - ¿Cuáles son los reservorios de carbono más susceptibles de cambiar en presencia de la actividad del proyecto?
 - ¿Cómo se estiman los cambios en existencias de carbono en los reservorios susceptibles a cambios en presencia de la actividad del proyecto?
 - ¿Cuáles son las emisiones de las fuentes y remociones de sumideros contempladas en el escenario de proyecto?
 - ¿Cómo estimar las emisiones de las fuentes y remociones de sumideros en el escenario del proyecto?
- **Objetivo 4.** Describir la metodología para estimar la emisión por fuentes de fugas fuera de los límites del proyecto atribuibles a la implementación de la actividad de proyecto.
 - ¿Cuáles son las emisiones de las fuentes de fuga por fuera de los límites del proyecto que se incrementan por la implementación de la actividad de proyecto?
 - ¿Cómo se estiman las emisiones incrementadas de las fuentes por fuera de los límites del proyecto debido a la implementación de la actividad de proyecto?
- **Objetivo 5.** Describir la metodología para estimar las reducciones y remociones netas de GHG por fuentes y sumideros debido a la actividad propuesta por el proyecto.
 - ¿Cómo se calculan las remociones y reducciones netas de sumideros y de fuentes de actividades que mejoran las prácticas de manejo en pastizales?

- **Objetivo 6.** Describir la metodología de monitoreo de remoción y reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GHG) en pastizales sujetos a prácticas de manejo mejoradas.
 - ¿Cuáles son las actividades del proyecto que deben ser sujetas a monitoreo para poder estimar las reducciones de emisiones adicionales que se esperan del proyecto?
 - ¿Cuáles son los protocolos de monitoreo de cada una de dichas actividades?
 - ¿Cuáles son los procedimientos técnicos de medición de los reservorios y fuentes de emisiones incluidas en la metodología?
 - ¿Cuáles son los procedimientos de QC/QA que deben aplicarse?
 - ¿Cómo se debe estimar tomando en cuenta la incertidumbre asociada a las estimaciones en el cálculo de los créditos por reducciones de emisiones?

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Cambio climático

Durante millones de años, el efecto invernadero ha sido un fenómeno natural que proporciona condiciones apropiadas de temperatura y humedad, permitiendo que se desarrolle la vida en el planeta; sin este efecto, nuestro planeta sería un lugar frío, desolado y estéril (IPCC 2007a).

Este fenómeno se produce por la presencia de Gases de Efecto Invernadero (GHG) en la atmósfera, que dejan pasar la radiación solar entrante, la cual calienta la superficie del planeta que expuesta a la radiación solar emite radiación infrarroja térmica, la cual, en parte regresa al espacio atravesando la atmósfera y en parte es reflejada nuevamente hacia la superficie terrestre por la presencia de GHG. Este fenómeno permite mantener la superficie de la tierra, aproximadamente 33 °C arriba de lo que ocurriría en ausencia de los GHG (Tomasevich 2004, IPCC 2007a).

Estudios realizados indican que en las últimas décadas la concentración de GHG en la atmósfera ha aumentado considerablemente, causando un reforzamiento del efecto invernadero, lo cual incrementó la temperatura media terrestre en 0.6 °C, generando el fenómeno llamado “cambio climático” (IPCC 2007a). El aumento de la concentración de GHG causadas por actividades humanas, puede alterar los ciclos hídricos, causar sequías, inundaciones, aumento en el nivel del mar y otros efectos que comprometerían la existencia de vida en el planeta (Black 2003). No obstante, existe gran incertidumbre respecto a las magnitudes y las tasas de estos cambios, en especial a escala regional (Tomasevich 2004).

2.1.1 Gases efecto invernadero

Los más importantes GHG son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y el vapor de agua (H₂O), todos ellos presentes en la atmósfera de manera natural, pero cuya concentración está siendo aumentada por la acción humana (Colque y Sánchez 2007).

El CO₂, el principal GHG, pasó de 270 ppm en la era preindustrial a 379 ppm en la actualidad (IPCC 2007a) (Tabla 1). Este incremento en la cantidad de CO₂ ha contribuido

aproximadamente al 70% del efecto invernadero producido por la humanidad, seguido por el CH₄ con el 23% y el N₂O con el 7% (IPCC 2007a).

Tabla 1. Gases efecto invernadero modificados por acción humana

Gas	Fuente	Tiempo de residencia	Concentración 2005 (ppm*, ppt**)	Crecimiento anual (%)	Potencial de calentamiento (para un horizonte de 100 años)
CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Combustión de carburantes fósiles (petróleo, gas, hulla) y madera ➤ Erupciones volcánicas 	50-200	379 ± 0.65*	0.5	1
CH ₄	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Descomposición anaeróbica de vegetales en tierras húmedas (pantanos, ciénagas, arrozales) ➤ Fermentación entérica Combustión de biomasa ➤ Fugas de gas natural 	21	1.774 ± 1.8*	0.9	21
N ₂ O	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prácticas agrícolas y ganaderas (uso de fertilizantes nitrogenados y manejo de estiércol) ➤ Combustión de carburantes fósiles 	120	319 ± 0.12*	0.8	310
CFC11		12.5	251 ± 0.36 **	--	3800
HCFC2		12.1	169 ± 1.0 **	--	1500
HFC23		264	18 ± 0.12 **	--	11700
SF ₆		3200	5.6 ± 0.038 **	--	23900

Fuente: IPCC 2007a

*partes por millón; **partes por trillón

Además de los GHG naturales, las actividades humanas están generando emisiones de otros GHG, naturalmente ausentes en la atmósfera, algunos de los cuales tienen un potencial mayor de calentamiento y un período de residencia en la atmósfera mayor de los GHG naturales, por

ejemplo los clorofluocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC), hidrofluorocarburos (HFC), entre otros (Tabla 1), que ayudan a fortalecer el aumento de GHG en la atmósfera.

2.1.2 Carbono en el ciclo climático

El carbono (C) es el elemento principal para la vida en este planeta; su ciclo combina una serie de procesos biológicos, químicos y físicos importantes para el desarrollo de todos los organismos. El equilibrio del C en la tierra corresponde principalmente a cuatro reservorios: el océano con una cantidad estimada de 139.460 GtCO₂-e (Gt = millones de toneladas métricas), el suelo (5.688 GtCO₂-e orgánico y entre 2.752 - 3486 GtCO₂-e inorgánico); la atmósfera (275.5 GtCO₂-e); y las plantas (2016 GtCO₂-e) (Sandoval et al 2003, IPCC 2000).

El CO₂ es removido de la atmósfera por sistemas terrestres mediante la fotosíntesis en las plantas (120Gt año⁻¹), y está en equilibrio con la respiración de las mismas y del suelo (60Gt año⁻¹ cada uno). Los cambios naturales en la concentración de CO₂ dependen de procesos como la fotosíntesis, la respiración, y flujos entre el aire y el mar (IPCC 2000). Alteraciones en los flujos de carbono orgánico de suelo, la biosfera y atmósfera pueden orientar el comportamiento de estos reservorios como fuentes o sumideros de CO₂ (FAO 2002).

El incremento de emisiones de CO₂ antropogénicas ha incidido directamente sobre el ciclo de carbono. Se estima que en los años noventa 23.5 GtCO₂-e /año, se generaron a causa de la quema de combustible fósil y producción de cemento y 5.4 GtCO₂-e /año, a causa de la deforestación (IPCC 2007c). Los principales emisores de CO₂ lo constituyen los países desarrollados y las nuevas economías emergentes (Estados Unidos, Rusia, China, India, Japón y Alemania); en América Latina, corresponden a México y Brasil (WRI 2001).

2.2 Uso de la tierra y el carbono

El cambio de uso de la tierra que convierte bosques a tierras para agricultura o ganadería, libera grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera. Se estima que la pérdida de bosque natural durante el decenio de 1990 ascendió a 15.2 millones de ha al año (FAO 2006), contribuyendo con aproximadamente el 20% de las emisiones totales de CO₂ (IPCC 2000 y Brown 1996).

Las actividades humanas que liberan GHG a partir de la vegetación y del suelo a la atmósfera son la deforestación, la quema de la biomasa y la agricultura, la cual incluye la aplicación de fertilizantes y las emisiones originadas por el ganado (FAO 2002).

Durante el último siglo, como consecuencia del cambio de uso de la tierra, predominantemente de los ecosistemas forestales, se han emitido unas 498.6 (+201.6) Gt CO₂-e. Ello ha dado lugar a un aumento del contenido de dióxido de carbono en la atmósfera de 645.3 GtCO₂-e (+36.6) Gt C. (IPCC 2000). De acuerdo con IPCC (2007b), para el año 2005 la agricultura presentó emisiones estimadas en 5.1 a 6.1 GtCO₂-e (el 10-12% del total de las emisiones antropogénicas mundiales de GHG), de donde el CH₄ aportó 3.3 GtCO₂-e y el N₂O 2.8 GtCO₂-e, contribuyendo con aproximadamente el 60% del N₂O y el 50% del CH₄ de las emisiones antropogénicas mundiales.

La FAO (2006), señala que la deforestación por expansión de la producción ganadera, es responsable del 37% de la emisión de metano (CH₄) por fermentación entérica de rumiantes y del 65% de la emisión de N₂O por manejo de estiércol y fertilizantes sintéticos, sin tenerse en cuenta las pérdidas de carbono orgánico en el suelo por labranza y sobrepastoreo que ello ocasiona.

Entre 1850 y 1985, América Latina aportó 11 GtCO₂-e, con un flujo de carbono biótico a la atmósfera de 0.25 Gt CO₂-e (el mayor flujo biótico del mundo) debido al cambio en el uso de la tierra. Se estima que entre 20 y 49 % de la materia orgánica nativa del suelo se pierde cuando un suelo virgen es intervenido para convertirlo a la agricultura. Estas pérdidas son mayores en los primeros años y disminuyen después de aproximadamente 20 años de cultivo. Por tanto, las prácticas de uso del suelo afectan los reservorios y los flujos de carbono orgánico del suelo (COS) (Vallejo et al. 2007).

Por otra parte, algunos estudios han revelado que las tierras forestales retienen mayor concentración de C por unidad de área que las áreas agrícolas (Vaccaro et al. 2003). Sin embargo, recientemente se ha destacado el papel de los pastizales, que contienen aproximadamente el 20% del C orgánico del suelo, sin tener en cuenta otros tipos de vegetación diferente a la herbácea que predomina en éstas áreas. Las áreas de pastizales

contribuyen al almacenamiento de C y su manejo adecuado puede contribuir a reducir la tasa de incremento de CO₂ atmosférico (IPCC 2006).

2.3 Pastizales

Los pastizales abarcan desde las praderas y sabanas manejadas extensivamente, donde la reproducción animal y los regímenes de incendio son las principales variables de manejo, hasta los pastos y henares continuos manejados intensivamente (mediante fertilización, pastoreo, regadío, cambio de especies). En los pastizales predomina la vegetación herbácea y perenne, utilizadas sobre todo para pastar, si existe vegetación arbórea leñosa se diferencia de los "bosques" por tener un dosel arbóreo o cobertura de copa inferior al umbral utilizado para la definición de bosque (IPCC 2006, IPCC 2003).

Las reservas de carbono en los pastizales permanentes están influidas por las actividades humanas y las alteraciones naturales, en particular la recolección de biomasa leñosa, la degradación de los pastizales, el manejo de la carga animal, el pastoreo, las quemas, la rehabilitación, el manejo de pastos, entre otros. La producción anual de biomasa en los pastizales puede ser cuantiosa, pero debido a su rápida renovación y eliminación por efecto del pastoreo y de los incendios, las reservas en pie de biomasa sobre el suelo raramente exceden unas pocas toneladas por hectárea. Pueden acumularse cantidades mayores de carbono en el componente leñoso de la vegetación, en la biomasa de las raíces y en los suelos. No obstante, el grado de aumento o disminución de las reservas de carbono en cada uno de esos reservorios resulta afectado por prácticas de manejo como las mencionadas (IPCC 2006).

Las prácticas de manejo mejoradas en pastizales pueden representar un potencial para incrementar las existencias de carbono (representados en su biomasa y carbono orgánico del suelo) y revertir las emisiones de GHG, estimulando una mayor productividad en dichos sistemas, generando en los propietarios una mayor aceptación dados los beneficios que podrían recibir.

2.3.1. Prácticas comunes de manejo en pastizales

Se debe tener en cuenta que según la categoría del IPCC, los pastizales abarcan pastos naturales, pastos mejorados y cultivos de forraje. Las siguientes prácticas de manejo se llevan a cabo en pastizales manejados (pastos mejorados y cultivos de forraje).

Diferentes procesos biológicos, químicos y físicos pueden afectar la remoción o pérdida de carbono en el suelo y en la biomasa de pastizales. La cantidad de carbono almacenada o liberada de estos reservorios depende de la velocidad y la magnitud del proceso. Estos procesos están influenciados por prácticas de manejo (Al-Kaisi 2001), las cuales, son importantes en el contexto de esta investigación, de acuerdo a los efectos que causan su implementación sobre las existencias de carbono.

Las prácticas de manejo comunes en pastizales son el conjunto de actividades que se realizan para obtener una mayor productividad en estas áreas, representada en la calidad y cantidad de follaje y subsecuentemente en la producción animal.

Es importante señalar que las prácticas de manejo en pastizales pueden variar según las condiciones biofísicas de las áreas, la disponibilidad de recursos y de tecnologías y sus efectos en la productividad del sistema. Por tanto, es importante tener una claridad de las mismas, enfocadas en la remoción y la emisión de GHG de los reservorios y de las fuentes contempladas.

A continuación se describen las prácticas más frecuentes utilizadas en áreas de pastizales incluyendo aquellas que generan disminución de las existencias de carbono y emisiones de GHG.

Bernal (1984) y Nieuwenhuyse et al (2008), destacan dentro de las principales prácticas de manejo comunes en pastizales:

- **Selección del terreno y de la(s) especie(s) o combinación de especie(s) a sembrar.** Estas dos variables, se encuentran estrechamente relacionadas, muchas veces, se decide que especie(s) sembrar y luego se busca el terreno para implementarla(s) o viceversa. Los factores más importantes para la selección de especies son la humedad del suelo, la acidez

y la fertilidad del mismo. Por todo lo anterior, es importante la información y la experiencia previa de los diferentes terrenos y especies en la región.

Con base a estas experiencias y a las condiciones del sitio, se debe analizar si las expectativas de rendimiento de la(s) especie(s) a implementar, son realistas o no y con base a ello, tomar la mejor decisión.

- **Preparación del suelo.** Las operaciones normales incluyen labranza³, basada en arados, rastrilladas y si es posible niveladas. En pastizales nuevos, antes de arar, se recomienda un fuerte pastoreo, o la aplicación de un herbicida para eliminar la pastura vieja. Si el suelo no está muy compactado o si está bastante húmedo, en vez de arar se hace rastrilla 1 ó 2 veces, para evitar daños en la estructura del suelo. Cuando es necesario después de arar, aprovechando la rastrilla, se aplica cal (para regulación de pH y desinfección del terreno). En zonas no mecanizables se realiza un arado con bueyes. Normalmente cuando no es posible preparar el suelo por falta de maquinaria, se realiza un chapia al monte, rastrojo, tacotal o guamil, y si las condiciones locales lo permiten, se hace un quema⁴ controlada antes del periodo de lluvia, posteriormente se riega la semilla sobre el suelo recién quemado.
- **Sistemas de siembra.** Tradicionalmente en pastizales, se ha empleado el sistema de siembra al voleo pero también en línea. En zonas con pendientes, se utiliza la siembra al voleo sobre el suelo recién quemado. En zonas planas se puede sembrar al voleo ya sea manualmente o con una voleadora (maquinaria usada para la siembra de sorgo). En algunos casos, se puede sembrar en surcos con una sembradora de grano pequeño debidamente acondicionada. Implementándose principalmente especies herbáceas en estas áreas.

³ La labranza de manera intensiva y continuada origina procesos de degradación del suelo (por erosión que involucra el rompimiento de agregados, cuya tasa de ruptura depende la estabilidad estructural del suelo y agentes de erosivos) que varía de acuerdo a profundidad y las herramientas utilizadas, causando pérdidas de carbono y subsecuente emisión de GHG, principalmente CO₂ (Blanco–Canqui y Lal 2008).

⁴ La quema es una práctica ampliamente usada en zonas tropicales por diversas razones (control de especies, aumento de productividad, entre otros), lo cual afecta los reservorios de biomasa y suelo, originando un flujo de emisiones de GHG (CH₄, N₂O y CO₂) (IPCC 2006).

-Cantidad de semilla. La densidad de siembra o cantidad de semilla utilizada por hectárea depende de la especie o especies y de la preparación del suelo. Anteriormente se recomendaba cantidades altas de semilla (25-35 kg) debido a la mala calidad genética y baja germinación del material disponible. Actualmente, se obtienen semillas seleccionadas con alto poder de germinación y pureza.

En suelos no preparados para siembra en cobertura se debe aumentar la densidad de siembra en aproximadamente el 30% comparado con suelos preparados.

-Época de siembra es factor muy importante, siendo una de las principales causas de fracaso en las siembras. Se debe tener en cuenta que la semilla necesita buena cantidad de humedad en el suelo para su germinación, la cual, debe continuar durante su establecimiento.

- **Control de malezas.** Las malezas son plantas que causan daño en el lugar que crecen, ya que compiten con las demás especies sembradas por espacio, agua, luz y nutrientes. El control es importante durante el establecimiento, ya que las plántulas son muy débiles y pueden ser eliminadas fácilmente por malezas. El control durante el establecimiento depende de la especie o combinación de especies que se quiere establecer, de las condiciones del suelo y tipo de maleza, para ello, normalmente se utiliza herbicidas.
- **Control de enfermedades y plagas.** Desde el punto de vista económico, las enfermedades y plagas son menos importantes que las malezas. Si se observan luego de la siembra (aproximadamente 30 días después), áreas con poca población o donde las plántulas han muerto, se debe determinar causas (encharcamiento, sequía, suelo mal preparado, enfermedades o plagas, entre otros), y contrarrestarlas, luego se debe resembrar utilizando la densidad y prácticas recomendadas.
- **Primer corte o pastoreo.** Cuando la vegetación principalmente herbácea alcanza una altura que dependiendo de la especie puede 30 a 40 cm o menos, se debe hacer preferiblemente un corte, ya que el pastoreo puede arrancar la vegetación con el casco o boca. Luego de este primer corte o pastoreo se aconseja realizar una fertilización para un mejor anclaje y desarrollo vigoroso de la vegetación.

- **Aplicación de fertilizantes (cantidad, época, frecuencia y métodos).** La fertilización es una práctica que produce los mejores resultados en el menor tiempo cuando factores nutricionales son limitantes para el desarrollo de las plantas.

La fertilización aumenta la cantidad y calidad del forraje, incrementando la capacidad de mantenimiento y la producción por unidad de área. Para obtener una buena respuesta es necesario tener en cuenta factores relacionados con el suelo, clima y la planta, como también la cantidad y clase de fertilizante, la frecuencia, la dosis, método y época de aplicación. Para ello, es importante contar con análisis químicos del suelo y requerimientos de las plantas.

-La cantidad (dosis de elementos), depende de los análisis anteriormente mencionados, principalmente de la(s) especie(s) a fertilizar, ya que unas especies requieren más fertilizantes que otras. Por ejemplo, si se requiere de fertilizantes ricos en fósforo, usualmente se emplean de 45 a 90 kg por hectárea, con fórmulas completas de 10-30-10 ó 12-24-12 de la relación de NPK (Nitrógeno, Fósforo y Potasio). Si los terrenos son ricos en potasio se puede aplicar fórmulas como por ejemplo 10-52-0 ó 46-18-0 (úrea). Además, se puede utilizar estiércol seco (alrededor de 5000 kg por hectárea) de acuerdo a materiales disponibles. En todos los casos, es importante no colocar el abono o fertilizante a menos de 10 cm de las plantas pequeñas, para evitar quemaduras.

-La frecuencia de aplicación de fertilizantes es estacional ya que son plantas (principalmente las forrajeras) que están en permanente crecimiento. La época de lluvia es la época cuando se incentiva mayor crecimiento de las plantas, por ello, el suelo debe tener buena cantidad de nutrientes asimilables.

-Método de aplicación se da acuerdo al tipo de pastizal. Normalmente es al voleo, en forma manual o mecánica, o se puede usar disuelto en el agua para riego, pero se requiere de buena nivelación o un sistema de riego por aspersion para su distribución uniforme. Para pastos sembrados en surcos, como los de corte, la aplicación es en bandas a un lado o ambos lados del surco. O también se puede utilizar el sistema de corona depositando el fertilizante alrededor de la cepa en círculo o semicírculo.

-**La época** puede ser cualquiera siempre y cuando la vegetación este en crecimiento y el suelo tenga un contenido adecuado de humedad. Si se usan enmiendas deben aplicarse antes de la siembra y los fertilizantes completos antes o simultáneamente con la siembra. Durante la vida productiva de la pradera se debe aplicar fertilizantes completos una o dos veces al año, al principio de las épocas de lluvia, generalmente después de cada corte o pastoreo durante las épocas húmedas. También es importante considerar el desarrollo de la planta. En áreas con riego es indicado fertilizar inmediatamente después de cada corte o pastoreo.

Aunque el uso de fertilizantes nitrogenados se hace muchas veces indispensable, principalmente en áreas de pastizales con manejo intensivo, su uso genera emisiones de N_2O a la atmósfera como resultado de procesos de nitrificación y denitrificación⁵. El nivel de estas emisiones depende del modo, cantidad y calendario de aplicación (FAO 2006).

- **Producción de ganado.** En áreas de pastizales es común encontrar ganado, el cual contribuye al calentamiento global por emisión de GHG no CO_2 . Normalmente los procesos digestivos de éstos animales, producen emisiones de metano (CH_4) como resultado de fermentación entérica⁶, la cual, puede estar directamente relacionada por la calidad de la dieta (Camero et al 2001). Además de esto, se produce emisiones de CH_4 y de oxido nitroso (N_2O) como resultado de la descomposición residuos sólidos (estiércol) y líquidos (orina), que pueden ser incrementadas por el inadecuado manejo de estos residuos (IPCC 2006).
- **Sistemas de pastoreo.** Debe estar relacionado con las características morfológicas y fisiológicas de las plantas. Algunas especies se adaptan muy bien al pastoreo otras no lo resisten y deben ser cortadas y suministradas al animal picado como forraje. Las modalidades de pastoreo más comunes según Bernal (1984) son:

⁵ La nitrificación y desnitrificación son los principales procesos para la formación de N_2O (oxido nitroso). La desnitrificación es la reducción anaeróbica de NO_3 (nitrato) y NO_2 (nitrito) a N_2O (oxido nitroso) y N_2 (nitrógeno) y la nitrificación es la oxidación aeróbica de NH_4 (amonio) a NO_2 (nitrito) y NO_3 (nitrato), con producción de N_2O (oxido nitroso) (IPCC 2006).

⁶ La fermentación entérica es el resultado de los procesos digestivos normales de los animales rumiantes, donde los microorganismos presentes en el aparato digestivo fermentan el alimento consumido por el animal produciendo metano como un subproducto, que puede ser exhalado o eructado por el animal (IPCC 2006).

-Pastoreo continuo. Consiste en mantener animales permanentemente en el pastizal, sin embargo, bajo este sistema los animales se vuelven selectivos a algunas especies, hasta el límite que no les permite su recuperación, es muy probable encontrar suelos descubiertos (erosionados) por el sobrepastoreo y al contrario, cuando no se aumenta la carga se presenta subpastoreo resultando en desperdicios de forraje. Muchas veces el aumento de peso diario por animal es mayor bajo este pastoreo, pero la producción total por hectárea es menos debido al menor número de animales por hectárea que se pueden mantener.

-Pastoreo alterno. Consiste en dividir el terreno en dos partes iguales más o menos, en donde se pastorean el mismo grupo de animales, mientras una parte está en descanso y rebrota, la otra permanece ocupada. Este sistema permite aprovechar mejor el forraje disponible, mejor uso de fertilizantes, control de malezas, no obstante se debe invertir en cercas, bebederos y saladeros.

-Pastoreo en rotación. Consiste en dividir el área en potreros pequeños. Bajo este sistema los animales se mueven de un lugar a otro cuando no se llenan en el tiempo las necesidades alimenticias, o cuando el pastoreo pueda ir en detrimento del animal o del potrero.

-Confinamiento. Sistema más tecnificado, donde los animales permanecen todo el tiempo encerrados en potreros pequeños sin pastorear, cuentan con forraje picado, ensilaje o concentrado. Este sistema permite mejor aprovechamiento del forraje, menor degradación de potreros por pisoteo siendo menor el reciclaje de nutrientes, obteniéndose altas capacidades de carga y altos rendimientos. No obstante, tiene un alto costo de infraestructura y de mantenimiento del sistema.

-Semiestabulado. Los animales permanecen confinados la mayor parte del tiempo pero pastorean generalmente en rotación durante algunas horas diarias. Con ello, se disminuyen las pérdidas por pisoteo y permite aprovechamiento del estiércol que se colecta en el establo.

El **sobrepastoreo**⁷ está relacionado con un desajuste entre la densidad del ganado y la capacidad de los pastos para pastoreo y para pisoteo. La mala gestión por mal manejo de la carga en pastizales es común, desempeñando un rol importante en procesos de degradación y desertificación, que resulta en una reducción de la productividad y/o de la cubierta vegetal, produciendo un cambio en el carbono y los nutrientes, lo que puede dar lugar a una reducción en las existencias de carbono arriba y debajo del suelo, en el suelo y un descenso en la remoción del mismo (FAO 2006).

2.3.2. Prácticas de manejo mejoradas en pastizales

La remoción de carbono atmosférico en los suelos de pastizales por el cambio de prácticas de manejo es ampliamente reconocido como un medio para compensar las emisiones de CO₂, varios estudios señalan que al mejorar las prácticas de manejo resulta en considerable remoción de carbono (Follet et al 2001). A continuación se describen algunas prácticas de manejo mejorado que pueden incidir en la remoción y reducción de emisiones de GHG.

- **Preparación del suelo.** Se trata de minimizar o eliminar las prácticas de labranza, que evita la oxidación de materia orgánica. Estos procesos son resultado de un apropiado uso de la tierra, restauración de suelos degradados e intensificación de prácticas recomendadas (Reicosky 2008).

Con prácticas de no labranza (reducción de la pérdida, compactación y aumento de aireación de suelo, entre otros) (Derpesch 2008), el reservorio de SOC puede incrementar por eliminación de perturbaciones en el suelo e incremento de la producción primaria (Conant et al 2001), generalmente con entradas de carbono principalmente de biomasa de raíces, hojarasca y residuos (Lal 2001). Además de esto, la disminución o eliminación de prácticas de quema, es una estrategia de manejo mejorado en áreas de pastizales, que favorece la cobertura sobre la superficie del suelo, reduce la erosión y disminuye la contaminación por reducción de emisiones asociadas de GHG no CO₂.

⁷ El sobrepastoreo es el resultado de la práctica de pastoreo por ganado, lo que con el tiempo, altera la función de captura y la estabilización del suelo, originando erosión (FAO 2006).

- **Sistema de siembra.** Las prácticas de manejo mejorado incluye la implementación de vegetación como los sistemas agroforestales, que son formas de uso y manejo de los recursos naturales, en los cuales, especies leñosas (árboles y arbustos) (Somarriba 1990), pueden ser utilizadas de manera espacial y temporal dentro de áreas de pastizales.

La clasificación primaria de agroforestería basada en componentes predominantes y uso de la tierra en áreas de pastizal se denominan como agrosilvopastoriles, silvopastoriles o simplemente áreas de árboles con un componente animal; éstos están constituidos por componentes agrícolas (cultivos) y especies leñosas, pasturas (herbáceas) y especies leñosas o árboles dispersos respectivamente asociados con animales de pastoreo (Sinclair 1999). En ellos se tiene en cuenta la implementación de cercas vivas y/o cortinas rompevientos, que son plantaciones de árboles en línea en los límites de la parcela para impedir paso de animales, delimitar propiedad y proteger parcela contra efectos nocivos del viento, constituidos de productos adicionales como forrajes, leña, madera entre otros.

De esta forma, el volumen y cobertura de vegetación en pastizales actúa como un sumidero para la captura de CO₂ y asegura el almacenamiento de carbono. La producción de carbono se incrementa a través de la fotosíntesis, con la cual, la cubierta vegetal permanente puede almacenar una cantidad significativa de dióxido de carbono como carbono orgánico. (Al-Kaisi 2001). Además, el aumento de biomasa puede proporcionar alimentación de importancia nutricional para el ganado, minimizando los insumos externos y mejorando con todo esto, aspectos económicos, ambientales y sociales.

- **Control fertilización.** Como práctica de manejo mejorada, el uso de fertilizantes en pastizales debe ser controlado de manera eficaz (estrictamente lo necesario), donde el modo, la cantidad y el calendario de aplicación aumenten la productividad y reduzcan las emisiones de N₂O de las áreas de pastizales.

La fertilización nitrogenada puede dar lugar a una amplia gama de respuestas en términos de remoción y emisión de carbono (Conant et al. 2001) y los flujos de N₂O. No obstante, cuando se mejoran las prácticas de manejo resulta en una considerable tasa de remoción de carbono, además, los cambios en los flujos de N₂O pueden compensar sustancialmente las ganancias de remoción de carbono. Por tanto, la

reducción de los flujos de N_2O en los suelos de pastizales provocados por cambios en la gestión, representa una oportunidad para reducir la contribución de los pastizales al forzamiento neto de GHG (Conant et al 2005).

- **Manejo de la dieta y el estiércol del ganado.** Las prácticas de manejo mejorado incluyen la eficiencia en las dietas al optimizar la calidad de forrajes para el ganado mejorando su digestibilidad y reduciendo de esta manera la emisión de metano (CH_4) por fermentación entérica. La emisión de metano proveniente del estiércol de ganado puede ser controlada en su manejo, promoviendo principalmente la descomposición aerobia y si es anaerobia en sistemas cerrados como biodigestores⁸. De manera similar, las emisiones de oxido nitroso (N_2O) puede ser controladas de acuerdo al manejo y la composición de heces y orinas de los animales.
- **Control pastoreo.** Como se describió anteriormente, el sobrepastoreo causa degradación (pérdida de biomasa que promueve la erosión del suelo) en áreas de pastizales, situación que puede cambiar por medio del control en la intensidad de pastoreo y el número de áreas de rotación, de manera que se optimice las existencias de carbono, lo cual, ayuda a incrementar substancialmente el reservorios de carbonos (biomasa y suelo) (FAO 2006).

2.4 Mitigación del cambio climático

En la cumbre de realizada en Kioto en 1997, se alcanzaron compromisos concretos en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Se logró un acuerdo vinculante a un grupo de países industrializados para que durante el período del 2008 al 2012, reduzcan en un 5.2% con respecto a 1990 las emisiones de los seis gases (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFC, PFC y SF6) que más potencian el efecto invernadero (IPCC 2007b).

⁸ Los biodigestores son sistemas cerrados, dentro de los cuales se depositan material orgánico (en este caso excretas) a fermentar produciendo metano y fertilizantes orgánicos, el metano es capturado y destruido a través de la quema, obteniéndose así, energía para el sistema.

Existen dos maneras para reducir o remover emisiones del carbono: reducir el consumo de combustibles fósiles y detener o revertir la pérdida de bosques. Opciones como la eficiencia de energía, los recursos renovables, la preservación del bosque, la reforestación, y Manejo Sostenible de Tierras y bosques, reflejan una variación grande en la disponibilidad de opciones técnicas, los costos, y los riesgos, que se ofrecen como oportunidades en el mercado de reducción de carbono (Totten 2002).

En ese sentido, las guías sobre las buenas prácticas del IPCC para el Inventario Nacional de Gases del Efecto Invernadero proporcionan un marco coherente para tratar estimar los flujos de carbono sobre y debajo del suelo provenientes de la Agricultura, Forestería y Otros Usos del Suelo (AFOLU).

Además, el IPCC desarrolló en el 2003 la Guía de Buenas Prácticas para estimar emisiones procedentes de actividades de Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Forestería (GPG– LULUCF). Dicho documento describe los métodos científicos más apropiados para el monitoreo de los flujos de carbono y de GHG, brindando las bases para la representación consistente de áreas terrestres, prácticas adecuadas para el sector del cambio de uso de la tierra y métodos suplementarios para la estimación, medición, monitoreo y reporte de cambios en el almacenamiento de C y emisiones de GHG en actividades relacionadas con el uso y cambio de uso del suelo y la forestería (Vallejo 2005).

2.5 Mercados de carbono

Los mercados locales, regionales y globales han cambiando debido principalmente a industrias, empresas y procesos antropogénicos que emiten GHG alterando el clima. Frente a esto, a nivel mundial los gobiernos están reaccionando fuertemente, permitiendo acuerdos generales entre científicos y economistas para la reducción de GHG y la prevención de pérdidas económicas extraordinarias (Totten 2002).

Por ello, surge el mercado de carbono que es un sistema de comercio en el que los gobiernos, empresas o personas, comercializan unidades de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GHG), conocidos como créditos de carbono, a fin de cumplir con compromisos de reducción de emisiones de GHG obligatorias o voluntarias (Jiménez 2005).

Las transacciones del mercado voluntario incluyen: la compra de créditos de carbono por individuos o instituciones a un nivel del menudeo para compensar sus emisiones; la compra de créditos directamente de diseñadores del proyecto para su reducción o reventa; y la ejecución de proyectos para la reducción de GHG por las corporaciones a cambio de los créditos.

Los mercados del carbono voluntario pueden ser divididos en dos segmentos principalmente: el voluntario, pero legalmente constituido, como el Chicago Climate Exchange (CCX), y el más común pero no obligatorio, como es el mercado de compensación Over The Counter (OTC). (Hamilton et al. 2007).

Los mercados voluntarios abarcan diferentes tipos de proyectos tales como forestería (forestación, reforestación y deforestación evitada), reducción de emisiones de metano (ganadería, carbón y desechos), renovables (créditos renovables de energía), eficiencia de energía y gases industriales principalmente (Arrigorriaga 2007).

En general, dentro del mercado voluntario de carbono existe una amplia gama de empresas que certifican remoción y reducción de emisiones, muchas de las cuales se encuentra reguladas bajo estándares que aseguran confiablemente dichas reducciones.

2.5.1 Estándares de mercado de carbono voluntario

Los estándares voluntarios de carbono no sólo están aumentando en cantidad, sino que también en rigurosidad y complejidad. Con ello, se minimizan los riesgos y daños para las personas y el ambiente (Hamilton et al. 2007). A continuación se describen algunos estándares voluntarios importantes.

- **Estándar de Carbono Voluntario (VCS).** Es un estándar sólido que tiene un marco de programa y una estructura institucional para la validación y verificación de reducción o remoción de emisiones voluntarias (ampliado más adelante).
- **Estándar de Oro (Standard Gold).** Este estándar ofrece una etiqueta de calidad para proyectos CDM/JI y proyectos de compensaciones voluntarias. Se enfoca en proyectos de energía renovable y eficiente con beneficios de desarrollo sustentable. Los proyectos se prefieren en un rango de gobierno y de actores privados (Gold Standard 2007).

- **Estándar Plan Vivo.** Diseñado específicamente para proyectos en comunidades rurales agroforestales. Presenta metodologías y certificación para proyectos de compensación y créditos de carbono. Creado en el 2000 con un rango de acción internacional (Hamilton et al 2007).
- **Estándar de Clima, Comunidad y Biodiversidad (CCB).** Se enfoca en diferentes proyectos, particularmente en co-beneficios sociales y medioambientales y pueden aplicarse también en proyectos de carbono como CDM o voluntarios (Hamilton et al 2007).
- **Protocolo registrado de acción climática de California (CCAR).** Es el primer Protocolo de registro de emisiones de GHG, emitido en el 2005. Se aplica en mercados voluntarios en proyectos LULUFC (CCAR 2007).
- **Green-e Climate Standard.** Diseñado específicamente para proyectos en comunidades rurales agroforestales. Presenta metodologías y certifica proyectos de reducción de emisiones GHG (Green-e Climate Standard 2007).
- **CarbonFix Standard (CFS).** Pionero y activo hace más de 10 años en el campo de protección del clima a través de forestación. Valida proyectos, acredita a los certificadores y administra la emisión de certificados (VER). Además, dirige inspecciones regulares a proyectos (CarbonFix Standard 2007).

2.6 Estándar de Carbono Voluntario (VCS)

La Asociación Internacional de Comercio de Emisiones (IETA), el Foro Económico Mundial y el Grupo Climático lanzaron en 2006 el Estándar de Carbono Voluntario (VCS), que incluye criterios para proporcionar integridad al mercado del carbono voluntario (Hamilton et al. 2007).

El VCS está diseñado para que los participantes de proyectos obtengan créditos fiables de reducción de emisiones, generando mayor confianza frente a otros estándares. Tiene como objetivos (VCS 2007a):

- Reducir y remover GHG bajo un estándar global, generando con ello mayor confianza en los créditos de reducción y remoción de GHG, llamados “Unidades Voluntarias de Carbono (VCU)”.
- Proporcionar un servicio transparente y confiable en el mercado del carbono voluntario mediante un programa riguroso, que controle la doble contabilidad de créditos.
- Garantizar seguridad a inversionistas, compradores y otros usuarios de que los VCUs que ellos están comprando son reales, adicionales y permanentes.
- Experimentar y estimular la innovación y validación de tecnologías, verificación y registro de procesos.

El ciclo de un proyecto bajo el VCS (2007a) es similar al del CDM; se compone principalmente de dos etapas: (1) Diseño, validación y registro y (2) Monitoreo, certificación y créditos de emisiones (Fig. 1).

En la primera etapa, los Participantes del Proyecto (PP) deben evaluar la actividad de proyecto propuesta y los requisitos de elegibilidad; posteriormente proponen un Documento de descripción del Proyecto (PDD) que debe incluir la metodología y determinación de la línea base, cálculos de reducción de emisiones, y la metodología y plan de monitoreo de la actividad de proyecto .

El proponente del proyecto puede tener voluntariamente una certificación validada del proyecto. Sin embargo, este paso no es requerido bajo el protocolo de certificación del VCS. En esta fase, un validador o verificador acreditado por el programa de VCS evalúa la propuesta bajo el VCS (2007a) y produce un reporte de validación.

Posteriormente, un verificador acreditado por el VCS evalúa la información del proyecto y se produce un informe de validación (se valida el PDD VCS e incluye la evaluación de adicionalidad), un informe de verificación (mediante una revisión periódica que determina las reducciones de emisiones de GHG ex-post, y son verificadas como removidas) y una declaración de certificación prueba de propiedad a un operador del registro.

Seguidamente, el proponente presenta un VCS PDD, el informe de validación/verificación y prueba de propiedad al operador del registro

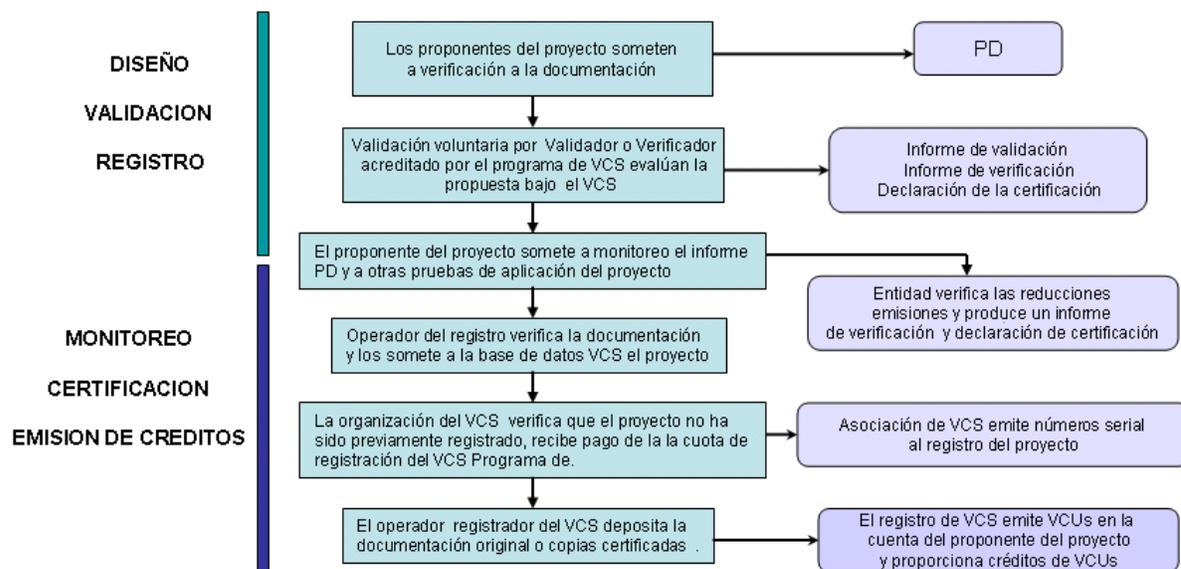


Figura 1. Procedimiento para la aprobación de un proyecto bajo el VCS

La segunda parte del proceso comprende:

- **Monitoreo:** donde el operador de registro VCS verifica la documentación puesta a consideración en el paso anterior para asegurar que el programa del VCS ha considerado los documentos requeridos, los cuales son documentos originales o copias electrónicas certificadas de originales. Luego, la documentación se presenta a la base de datos de proyectos VCS.
- **Verificación y certificación:** el VCS verifica que el proyecto no ha sido previamente registrado bajo este programa (investigan que los límites del proyecto no han sido registrados anteriormente), cobra la cuota de registro (0.04 eur/VCU) y emite los números de serie únicos para el proyecto.
- Por último, VCS emite los números de serie a los registros de VCS para el VCUs, anotando éstos en la base de datos del proyecto junto con la documentación del proyecto.

Luego, el registro de VCS emite VCUs en la cuenta del proponente del proyecto, emitiendo créditos de remoción y reducción VCUs para un tiempo determinado.

Por otra parte, el VCS calcula un búfer (créditos de carbono no comercilizables) por medio un análisis de riesgos para abordar la No-permanencia (reemisión a la atmósfera de unidades de carbono contabilizadas como absorbidas o removidas), por medio de una contabilidad

separada de los créditos de reducción y remoción de GHG reservas búfer (para actividades de proyectos de AFOLU) y la aprobación de nuevas metodologías de AFOLU (VCS 2007b).

Las metodologías VCS ya aprobadas y las nuevas deben contener un método relacionado con el establecimiento de la línea base y la identificación y determinación de fuentes, sumideros y reservorios de GHG asociados al proyecto. El VCS reconoce normas de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), permitiendo cláusulas de ISO: 14064-2:2006, 14064-3:2006 y 14065:2007 en la documentación de VCS para facilitar la comprensión (IETA 2007).

Además el VCS permite la utilización de herramientas que pueden ser componentes de una metodología (aplicadas como un módulo metodológico para realizar una tarea específica) o una herramienta de cálculo (software que realizan tareas de cálculo de acuerdo con una metodología o componente metodológico aprobado). En el caso del CDM, estas herramientas no tienen distinción alguna, y son tomadas y denominadas de manera general como herramientas (tanto los módulos como las herramientas de cálculo).

Es importante señalar que en el VCS el conteo de reducciones de GHG se da por Unidades Voluntarias de Carbono ($VCU = 1 \text{ t CO}_2\text{-e}$), donde es esencial que no más de un VCU u otro crédito de reducción de emisión, se adjudique de manera coherente a cada reducción o remoción de la emisión. Con ello, el VCS asegura que no haya conteos dobles de reducciones o remociones de las emisiones (IETA 2007).

2.6.1 Procedimiento para proponer nuevas metodologías bajo el VCS

IETA (2007), menciona que el estándar VCS tiene criterios recomendados para el proceso general de aprobación que contemplan el registro de proyectos y verificación de carbono, validación de metodologías, validación de herramientas e impactos del proyecto sobre la comunidad y el ambiente.

Los proponentes de un proyecto deben justificar el criterio en el que se fundamenta la nueva metodología, describirla e incluir las fuentes de los datos e incertidumbres asociadas. La metodología elegida o propuesta debe permitir el desarrollo de la línea base del proyecto.

Debe utilizarse la orientación sobre las buenas prácticas relacionadas con el uso de la tierra, el cambio del uso de la tierra y la forestación del IPCC para mejorar la transparencia, coherencia, comparación, presentación exhaustiva y precisión de sus inventarios sobre el uso de la tierra.

Los países utilizan sus propias definiciones de las categorías de uso de la tierra pero también pueden recurrir a las definiciones internacionalmente aceptadas. Bajo cada una de estas categorías de actividades de proyecto de AFOLU, se estiman los cambios en las existencias de carbono en los reservorios (IPCC 2007b)

En el Programa de VCS (2007c), las metodologías son evaluadas por dos partes independientes. La primera valoración se llevará a cabo por un validador o verificador acreditado por el Programa del VCS y será elegido por los proponentes del proyecto. Esta evaluación cubrirá todos los requisitos relevantes del programa VCS (Fig. 2).

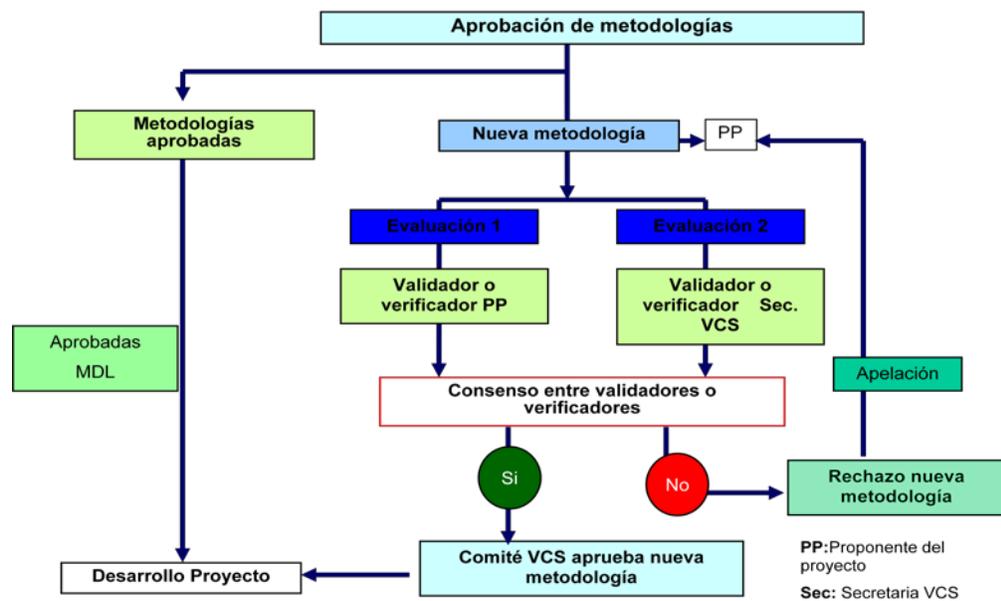


Figura 2. Proceso de aprobación de metodologías bajo el estándar de voluntario de Carbono VCS. (PP: Proponente del proyecto).

La Secretaría del VCS, actuando en representación del comité del VCS, escoge un validador o verificador diferente para llevar a cabo una segunda evaluación, siguiendo los requerimientos del programa VCS. Los proponentes del proyecto cubrirán los costos del proceso de doble evaluación, liquidándolos antes de la segunda valoración.

Los proponentes del proyecto deberán dar a conocer cualquier problema identificado por el proceso de aprobación doble antes de que se dé la última decisión por el validador o verificador escogido por la secretaria del VCS. El comité del VCS aprobará la metodología en un acuerdo unánime entre los validadores o verificadores que realizaron la primera y segunda evaluación. Si hay discordancia entre validadores o verificadores, la metodología es rechazada por el comité de VCS. No obstante, proponentes de la metodología rechazada puede apelar mediante un proceso del programa de VCS (VCS 2007c). El VCS no contempla límites temporales para este proceso.

3 MÉTODOS

3.1 Proceso Metodológico

El proceso metodológico se desarrolló en tres fases (Figura 3). La primera contempló una revisión exhaustiva de literatura, principalmente de las definiciones, los alcances y los métodos empleados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y por la guía del Estándar de Carbono Voluntario (VCS) para el posterior desarrollo de la metodología. La segunda fase se enfocó en la consulta de expertos para la selección e identificación de las actividades elegibles, fuentes, sumideros y demás componentes relevantes que constituyen el documento metodológico. Y la tercera fase consistió en el planteamiento y desarrollo de la metodología tomando como base la integración de las dos primeras fases, además del análisis de metodologías aprobadas para reforestación y forestación bajo el mecanismo de desarrollo limpio (CDM), las herramientas metodológicas disponibles, las normas ISO 14064 y las prácticas de manejo en pastizales.

3.1.1 Fase 1: Revisión literaria

La revisión literaria para el desarrollo de la metodología, tomó como referencia los objetivos de la convención marco de cambio climático (UNFCCC) enfocados a la estabilización de las concentraciones de GHG en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático, situando de esta forma al nuevo documento metodológico en un contexto real y de importancia económica, social y ambiental.

Para ello, fue importante esclarecer y entender las definiciones (ver anexo 1) y métodos empleados por el IPCC y VCS para el planteamiento de la metodología.

El IPCC se encuentra conformado por un grupo de expertos (más de dos mil científicos provenientes de cien países) sobre cambio climático, su principal función es publicar informes en los temas relevantes para aplicar medidas en la UNFCCC, basando sus valoraciones en publicaciones revisadas por pares “*peer reviewed*”, que es un método usado para validar trabajos escritos con el fin de medir su calidad, factibilidad y rigurosidad científica. Además de estos informes, el IPCC contempla guías metodológicas que describen métodos y prácticas

para realizar inventarios nacionales de GHG, las cuales son mencionadas y utilizadas lo largo de los resultados del presente documento.

El VCS, tal como se mencionó, es un estándar que intenta dar rigurosidad al desarrollo de actividades de proyecto en sectores AFOLU, en este caso, actividades que remuevan y reduzcan GHG en pastizales por prácticas de manejo mejoradas, basado en los métodos y guías que este ofrece.

3.1.2 Fase 2: Consulta de expertos

Debido a que el marco de acción de la metodología se basa en el VCS y este contempla 4 categorías para actividades de proyectos AFOLU (Agriculture Forestry and Other Land Uses), fue importante contar con el apoyo y conocimiento de expertos⁹ en la temática, para fijar la categoría en la cual se desenvolvería la metodología. Para ello, se realizó un análisis preliminar de diferentes actividades agropecuarias, principalmente aquellas que incidieran en la pérdida y ganancia de carbono, visualizándose posibles fuentes y sumideros de carbono y actividades y procesos implicados en la emisión, remoción y reducción de GHG teniendo en cuenta cambios significativos en el corto y mediano plazo que resultarían de ellos bajo los lineamientos de la guía VCS. De esta manera se seleccionaron actividades de proyecto para el manejo mejorado de pastizales dentro de la categoría ALM, como se expone en los resultados más adelante.

3.1.3 Fase 3: Planteamiento y desarrollo de la metodología

Luego de seleccionada la categoría de uso de la tierra y de la revisión literaria, se pudo observar que hasta el momento, lo único bien establecido y cuantificado en las definiciones de cambio climático es la que el IPPC ha asignado a un bosque, y en el caso del CMD se utilizan 3 parámetros: área (0.05 - 1.0 hectáreas), cobertura (entre 10% - 30%) y altura (2 - 5 metros) con árboles que pueden alcanzar una altura mínima teniendo en cuenta su madurez “in situ”.

⁹ Lucio Pedroni, Álvaro Vallejo, Pablo Rodríguez, Walter Oyhantcabal, Gabriela Soto y Danilo Pezo, los tres primeros especialistas en metodologías y herramientas forestales de carbono, el siguiente integrante del grupo de trabajo del MDL A/R y del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca en Uruguay, y los dos últimos especialistas en suelos y pastizales respectivamente.

Entretanto, masas forestales naturales y todas las plantaciones jóvenes que aún no han alcanzado ésta definición; como también, las superficies que normalmente forman parte de la zona boscosa pero carecen temporalmente de población forestal por intervención humana y que se espera se recuperen, también se les considera bosque.

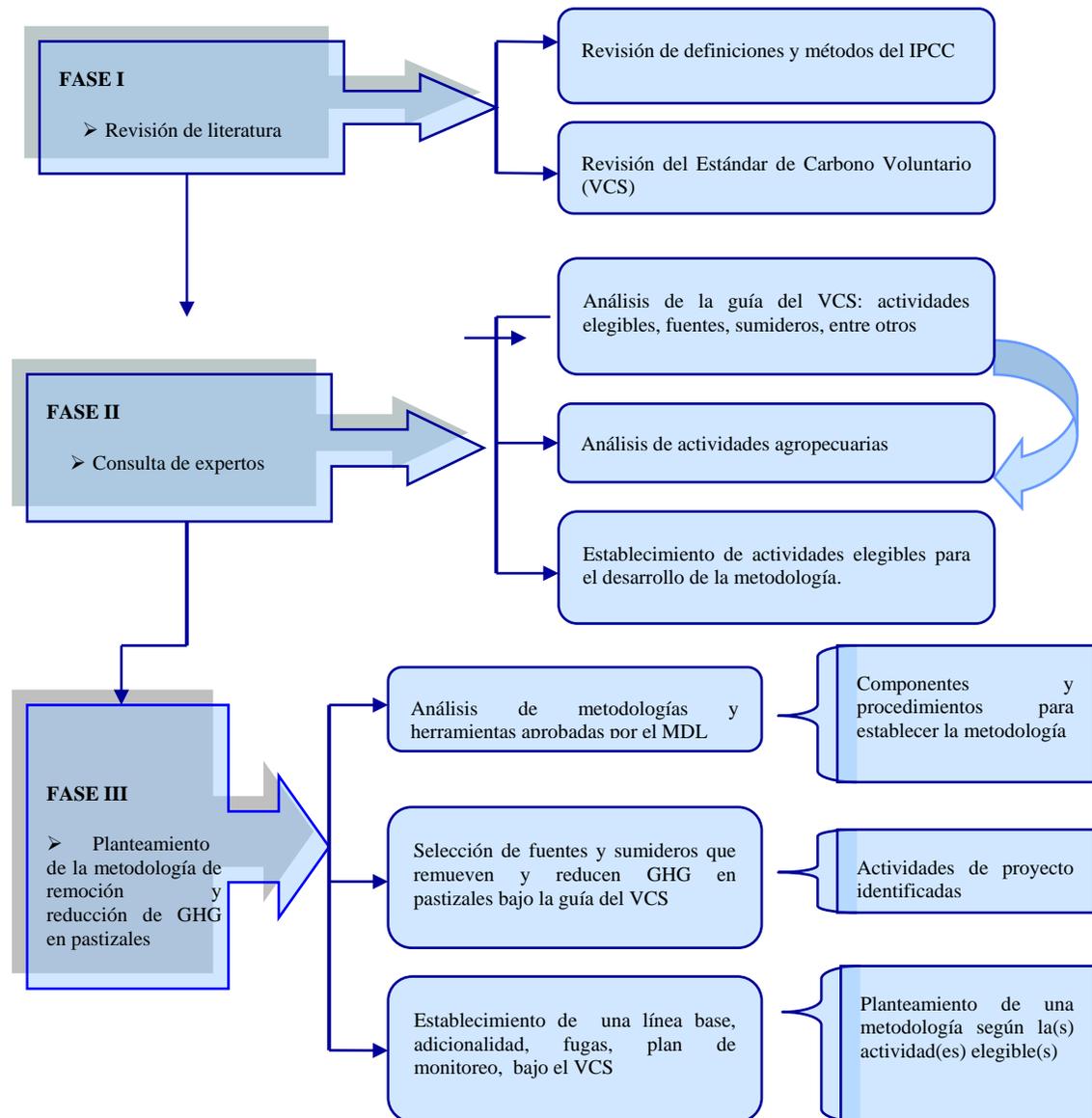


Figura 3. Proceso metodológico para el desarrollo de la metodología bajo el VCS

Por tanto, partiendo de esta definición de bosque (que cada país establece) se delinearón actividades de elegibilidad orientadas a proyectos de remoción y reducción de GHG, siendo las áreas de pastizales atractivas para el desarrollo de proyectos de este tipo, debido a la fuerte

presión animal y antropogénica que ellas derivan y a su importancia dentro del cambio climático, se desarrolló la siguiente metodología, de manera que las prácticas de manejo sea eficientemente mejoradas y se genere incorporación de vegetación, que no alcance el umbral de bosque, evitando así el solapamiento con el marco de acción de proyectos forestales. Para lo cual, se realizó una revisión exhaustiva de la guía del VCS.

Además, se hizo un análisis a las metodologías aprobadas para reforestación y forestación y las herramientas metodológicas disponibles, las cuales sirvieron de base para la estructura y contenido del presente documento. De las 14 metodologías aprobadas bajo el CDM, cinco de ellas (AR-AM0002, AR-AM0004, AR-AM0006, AR-AM0007 y AR-AM0008)¹⁰ como también la metodología RED-NM-001 “Metodología para estimar reducción de emisiones de GHG por mosaico de deforestación”, fueron tomadas en cuenta para el análisis y desarrollo de esta metodología.

Se observó que todas presentan una estructura similar en el cuerpo del documento, contemplando 3 ejes principales como son: las condiciones de aplicabilidad y adicionalidad, la descripción de la metodología de línea base y el monitoreo; variando de acuerdo a los alcances y actividades de proyecto propuestas, las fuentes, los sumideros y los métodos utilizados, entre otros.

El análisis de estas, como de las herramientas (módulos para desarrollar tareas específicas) disponibles sirvieron de base para desarrollar una estructura y un contenido acorde a los requerimientos y presentación del documento metodológico, siendo asequible y a la vez rigurosa para su posterior aprobación por parte de autoridades del VCS. Para esto, se utilizaron las normas ISO 14064, las cuales brindan lineamientos para seleccionar principios y requerimientos para el diseño, desarrollo, manejo y organización de reportes en la reducción y remoción de GHG, así como requerimientos para determinar el escenario de línea base y monitoreo, tal como se expone en los resultados.

¹⁰ Disponible en: http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/approved_ar.html

4 RESULTADOS

El presente documento describe una metodología para reducir emisiones de GHG y aumentar las existencias de carbono mediante el desarrollo de actividades de proyectos de Manejo de Tierras Agrícolas (ALM), las cuales son una categoría elegible del Estándar de Carbono Voluntario (VCS)¹¹. Esta metodología incluye prácticas de manejo mejoradas en pastizales, abordando la categoría de uso de la tierra clasificada por el IPCC¹² como “pastizales”, dentro de la cual se encuentra la subcategoría “pastizales que permanecen siendo pastizales”. Se espera esta metodología sea validada y aprobada por parte de autoridades del VCS.

La metodología tiene cuatro componentes principales:

- **Condiciones de aplicabilidad y adicionalidad.** Describe las condiciones que presenta el uso actual de la tierra (pastizal) en ausencia de las actividades de proyecto, disminuyendo las existencias de carbono y emitiendo mayor cantidad de GHG a la atmósfera. La metodología es aplicable si dicha situación no cambia en ausencia del proyecto.
- **Metodología de línea base.** Describe cómo realizar las estimaciones de remociones y reducciones netas antropógenas *ex ante* de GHG por los sumideros y las fuentes. Detalla los cálculos de las remociones y emisiones netas tanto de la línea base como del proyecto, así como las fugas.
- **Descripción de la metodología de monitoreo.** Describe el método utilizado por los participantes del proyecto para reunir, analizar y archivar los datos necesarios para demostrar de manera conservadora y transparente (verificable) las remociones y reducciones de emisiones GHG que produce la actividad del proyecto.
- **Lista de variables utilizadas.** Agrupa y resumen todas las variables utilizadas en las ecuaciones para la estimación *ex ante* y *ex post*.

¹¹ VCS 2007a. Guidance for agriculture, forestry and other land use Project. Disponible en: <http://www.v-c-s.org/docs/AFOLU%20Guidance%20Document.pdf>.

¹² IPCC AFOLU 2006. Capítulo 1.3.1., y capítulo 3.2.

4.1. Condiciones de aplicabilidad y adicionalidad

4.1.1 Selección del enfoque de línea base de acuerdo con el párrafo 22^a de las modalidades y procedimientos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM).

“Cambios históricos o actuales de las existencias de carbono en los reservorios de carbono dentro de los límites del proyecto¹³”.

4.1.2 Aplicabilidad

Esta metodología es aplicable a actividades de proyecto que remueven y reducen emisiones de gases efecto invernadero (GHG) en pastizales, por prácticas de manejo mejoradas, que aumentan las existencias de carbono y reducen las emisiones de GHG en comparación con las prácticas de manejo actuales o históricas.

Las condiciones bajo las cuales la metodología es aplicable son:

- La cobertura de la tierra en la línea base es pastizal, con o sin uso ganadero, con o sin árboles.
- Las prácticas de manejo en la línea base pueden causar disminución de las existencias de carbono por pérdida de suelo y de vegetación arbórea, arbustiva y herbácea, y emisión de GHG por quema de biomasa, uso de fertilizantes, fermentación entérica y manejo de estiércol.
- Las prácticas de manejo del proyecto pueden incrementar las existencias de carbono por aumento de vegetación (revegetación) arbórea, arbustiva y herbácea, y reducción de emisiones de GHG mediante disminución o eliminación de prácticas de quema, eficiencia en la aplicación de fertilizantes, mejoramiento de la digestibilidad de alimento y control en el manejo de estiércol.

¹³ Pearson, T.; Walker, S.; Brown, S. 2005. Sourcebook for land use, land change and forestry projects. Winrock International. 64 p.

- Existe información disponible sobre el uso del suelo, la cobertura de la tierra y las prácticas de manejo llevadas a cabo al inicio de las actividades de proyecto.

4.1.3 Adicionalidad

Esta metodología utiliza la última versión de la herramienta para demostrar y evaluar la adicionalidad: "Herramienta para demostrar y evaluar adicionalidad" aprobada por la junta ejecutiva del MDL¹⁴.

4.2 Descripción de la metodología de línea base

4.2.1 Definición de los límites del proyecto

Los límites de las actividades de proyecto son (Figura 4):

- Límites espacial: Área del proyecto.
- Límites temporales.
- Reservorios de carbono seleccionados.
- Fuentes de emisión de GHG.

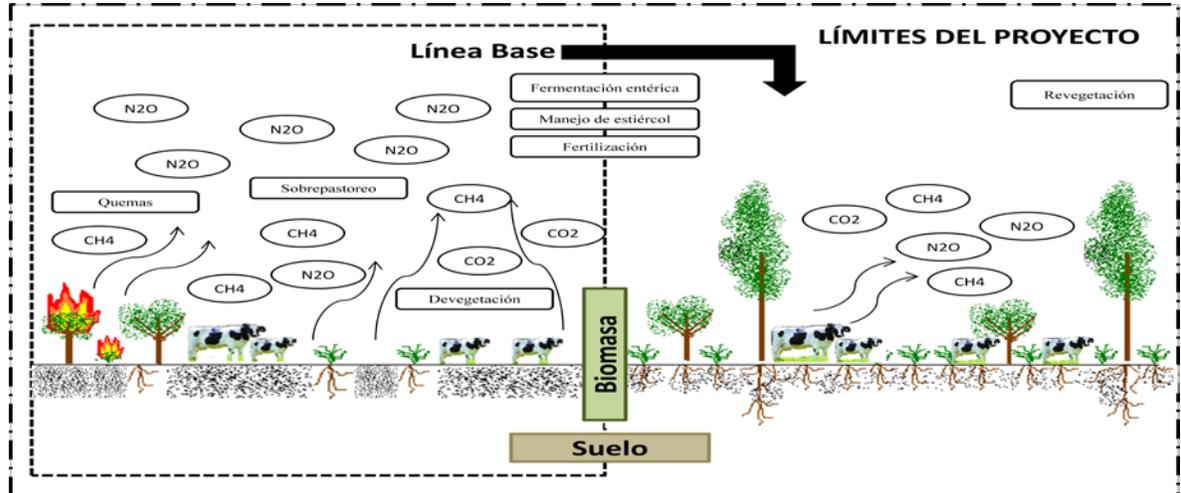


Figura 4. Límites de las actividades de proyecto

¹⁴ Disponible en: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/approved.html>.

4.2.1.1 Límites espaciales

a) **Área del proyecto:** es el área o áreas discretas donde los participantes del proyecto van a implementar las actividades de proyecto (Fig. 4). Los límites espaciales deben estar establecidos en el Documento de Descripción del Proyecto (PDD) y ser definidos claramente para facilitar las medidas de monitoreo, cuantificación y verificación del proyecto. Es necesario incluir: localización, mapas, coordenadas geográficas, área total y otros aspectos e información relevante que permita la identificación de los límites sin ambigüedades y con un nivel razonable de exactitud. Estas áreas cumplen los criterios de elegibilidad expuestos más adelante.

b) **Área de referencia.** Es un área en donde se puede obtener información sobre las prácticas de manejo en pastizales actuales para proyectarlas y monitorearlas en el futuro. Las variables usadas para definir los límites del área de referencia deberán ser enlistadas en el PDD.

4.2.1.2 Límites temporales. Definidos por:

a) **Fecha de inicio y de finalización de las actividades de proyecto.** La fecha de inicio de las actividades del proyecto, es la fecha en la que se inician las acciones del proyecto para llevar a cabo la remoción y reducción de emisiones de GHG por implementación de prácticas de manejo mejoradas (que incluyen revegetación y reducción de emisiones de GHG) en el área del proyecto.

Según el VCS, la fecha de inicio y finalización de proyectos AFOLU viene determinada por la duración del proyecto, que debería ser de entre 20 y 100 años, tiempo en el cual operará el proyecto¹⁵. Sin embargo, en nuestro caso, los proyectos de la categoría ALM pueden tener períodos más cortos, siempre y cuando la permanencia no sea problema. Por ello, el período de duración de las actividades de proyecto puede ser al menos de 10 años (principalmente para actividades de reducción de GHG) con un plan robusto de monitoreo que cubra este período.

¹⁵ VCS 2007a. Guidance for agriculture, forestry and other land use Project. Sección Manejo de Tierras Agrícolas (ALM). Disponible en: <http://www.v-c-s.org/docs/AFOLU%20Guidance%20Document.pdf>.

b) Fecha de inicio y finalización del período de acreditación. Es el período de tiempo durante el cual la línea base no necesita ser actualizada, los cambios reales se monitorean y los créditos son en última instancia emitidos al verificar la remoción y reducción de las emisiones *ex post*. El período de acreditación es fijo y tiene un máximo de 30 años y un mínimo de 5 años. Este debe ser definido al establecerse la duración del proyecto y debe estar descrito en el PDD.

4.2.1.3 Reservorios de carbono seleccionados¹⁶

Tres de los cinco reservorios de carbono enlistados en la Tabla 2 son potencialmente elegibles en esta metodología.

Tabla 2. Reservorios de carbono excluidos o incluidos dentro de los límites de las actividades de proyecto.

Reservorios de carbono	Selección	Justificación
Biomasa arriba del suelo	Sí	Reservorio sujeto a actividades de proyecto. Esta metodología cubre biomasa leñosa arbórea y no arbórea (herbáceas y arbustos). El contenido de carbono en biomasa arriba del suelo se espera se mantenga o aumente debido a prácticas de manejo mejoradas (revegetación).
Biomasa abajo del suelo	Sí (Opcional)	Reservorio sujeto a actividades de proyecto. El contenido de carbono en biomasa debajo del suelo se espera aumente debido a prácticas de manejo mejoradas (revegetación). Si se excluye, se debe demostrar que las existencias de carbono en la biomasa subterránea disminuirán más o aumentarán menos en el escenario de línea base que en el escenario de proyecto.
Madera muerta	No	Enfoque conservador bajo condición de aplicabilidad.
Hojarasca	No	Enfoque conservador bajo condición de aplicabilidad.
Carbono orgánico del suelo	Sí (Opcional)	Reservorio sujeto a actividades de proyecto. Si se excluye, se debe demostrar que las existencias de carbono en suelos disminuirán más o aumentarán menos en el escenario de línea base que en el escenario de proyecto.

¹⁶ Los reservorios han sido seleccionados de acuerdo con los requerimientos de la ISO 14064-2:2006. Punto 5.3.

La selección de los reservorios de carbono debe realizarse con un enfoque conservador¹⁷. Si este enfoque se cumple, la decisión depende de recursos financieros disponibles, la facilidad y los costos de medición y la magnitud del potencial de cambio en el reservorio.

4.2.1.4 Fuentes de emisión de gases efecto invernadero (GHG)

La selección de fuentes de emisión (Tabla 3)¹⁸ debe realizarse bajo un enfoque conservador. Si este enfoque se cumple, la decisión sobre cual fuente de emisión debe ser seleccionada, depende de recursos financieros disponibles, la facilidad y los costos de medición, la magnitud del potencial de cambio en las emisiones.

Se debe tener en cuenta que las fuentes de emisión de GHG que no son tenidas en cuenta de acuerdo con lo evaluado *ex ante*, no requieren ser monitoreadas *ex post*.

Tabla 3. Fuentes de emisión de GHG excluidos o incluidos dentro de los límites de las actividades de proyecto.

Ámbito	Fuentes	Gas	Incluido	Justificación / Explicación
Dentro de los límites del proyecto (en línea base o en actividades de proyecto)	Uso de fertilizantes	CO ₂	No	No aplica.
		CH ₄	No	No aplica.
		N ₂ O	Sí	Principal gas de esta fuente.
	Quema de combustible fósil	CO ₂	Sí	Principal gas de esta fuente.
		CH ₄	No	Emisión potencial no significativa.
		N ₂ O	No	Emisión potencial no significativa.
	Quema de biomasa	CO ₂	No	No aplica; contado como cambio de existencia de carbono.
		CH ₄	Sí	Gas emitido por esta fuente.
		N ₂ O	No	Emisión potencial no significativa.

¹⁷ Según este principio, la exclusión de un reservorio de carbono no debe dar lugar a una sobreestimación de la remoción y la reducción de emisión de GHG antropógena neta, atribuibles a las actividades de proyecto.

¹⁸ Las fuentes de emisión han sido seleccionados de acuerdo con los requerimientos de la ISO 14064-2:2006. Punto 5.3.

Ámbito	Fuentes		Gas	Incluido	Justificación / Explicación
	Producción ganadera	Fermentación Entérica (sistema de digestión)	CH ₄	Sí	Principal gas de esta fuente.
		Manejo de estiércol	CH ₄	Sí	Gas emitido en condiciones anaeróbicas.
	N ₂ O		Sí	Gas emitido por denitrificación de N en estiércol almacenado o aplicado.	
	Emisión por labranza y sobrepastoreo		CO ₂	No	No aplica; contado como cambio de existencias de carbono.
Fuera de los límites del proyecto (en línea base o en actividades de proyecto)	Quema de combustible fósil		CO ₂	Sí	Principal gas de esta fuente.
			CH ₄	No	Emisión potencial no significativa.
			N ₂ O	No	Emisión potencial no significativa.
	Desplazamiento de actividades ganaderas		CO ₂	Sí	Gas emitido por estas actividades
			CH ₄	Sí	Gas emitido por estas actividades
			N ₂ O	Sí	Gas emitido por estas actividades

4.2.2 Elegibilidad de tierras

Son elegibles las tierras que al momento del inicio del proyecto sean pastizales y permanecerán siéndolo, con o sin árboles, siempre y cuando no alcancen la definición de bosque adoptada por el país anfitrión para proyectos A/R MDL y que no hayan sido bosque en 2008. Para demostrar que son pastizales, los participantes del proyecto proporcionarán información verídica acerca del uso de la tierra que puede ser y no se limita a:

- Fotografías aéreas o imágenes satelitales complementadas con datos de referencia del suelo.
- Información del uso de la tierra, cobertura o prácticas de manejo, mapas o bases de datos espaciales.

- Información del terreno mediante encuestas (información del uso de la tierra o cobertura, de permisos, de instalaciones o del registro local).

4.2.3 Estratificación *ex ante*

En esta metodología, la estratificación *ex ante* se logra en tres pasos, tal como se detallan más adelante.

- **Paso 1:** Estratificación del área del proyecto según las condiciones naturales pre-existentes y las proyecciones de línea base (M_{BSL});
- **Paso 2:** Estratificación del área del proyecto según las actividades de proyecto propuestas (M_P);
- **Paso 3:** Estratificación final *ex ante* por combinación de los resultados de los pasos 1 y 2 con el tratamiento continuado y monitoreando los límites del estrato.

El área mínima de tierra identificada como un estrato o como parte de un estrato más grande, es la mínima establecida en la definición de bosque designada por el país anfitrión.

Nota: M_{BSL} es el número de estratos *ex ante* definidos en línea base y M_P es el número de estratos *ex ante* definidos en el proyecto.

Paso 1: Estratificación según las condiciones pre-existentes y las proyecciones en línea base (estratos M_{BSL}):

- a) Definir las prácticas de manejo actuales o históricas que afectan los cambios en las existencias de carbono especialmente en los reservorios mencionados. Además, se pueden incluir: suelo, clima, uso anterior del suelo, tipo de vegetación existente, grado de presión antropogénica, entre otros, en el escenario de línea base.
- b) Clasificación local del sitio por medio de mapas y tablas actualizadas, imágenes satelitales, mapas de suelo, mapas de vegetación, mapas de paisaje y revisión literaria de información del sitio concerniente a prácticas de manejo claves identificadas anteriormente.
- c) Colectar información previa al proyecto sobre la producción de pastizales (fertilización, épocas de siembra, semillas o especies utilizadas, prácticas de manejo, entre otros) y/o producción o distribución de animales rumiantes (nutrición, pastoreo, manejo de estiércol).

d) Hacer una estratificación preliminar basada en la información reunida.

e) Llevar a cabo muestreos complementarios para caracterizar cada estrato o sistema de pastizal presente, incluyendo según aplique:

- Cobertura de área por plantas herbáceas y cobertura de copas, altura y DAP para arbustos y árboles leñosos;
- Prácticas de manejo actuales o históricas (procesos de devegetación) y el tiempo desde que han ocurrido;
- Uso actual y pasado de la tierra;
- Uso probable de la tierra en ausencia de las actividades de proyecto;
- Tipos de vegetación presente y/o potencial, alternativamente, sitio y factores del suelo: tipo de suelo, profundidad del suelo, gradiente y longitud de la pendiente, entre otras;
- Presión animal pasada, actual y esperada en ausencia de actividades de proyecto (por ejemplo el número de animales por hectárea para pastoreo).

f) Hacer una estratificación final del escenario de línea base complementándola con la información colectada. Los distintos estratos deben diferir significativamente en lo que se refiere a su emisión y remoción neta de GHG por fuentes y sumideros en línea base, ya que las prácticas de manejo actuales o históricas, las especies y otros factores del escenario de línea base pueden no justificar un estrato separado si las tierras tienen cambios similares en las existencias reales de los reservorios de carbono.

Los resultados de la combinación de los factores (sistemas productivos y prácticas de manejo) presentes en cada estrato de la línea base pueden ser reportados en la siguiente tabla:

Tabla 4. Sistemas productivos y prácticas de manejo presentes en los estratos de línea base

M_{BSL}			
Factores	Sistema Productivo 1	Sistema Productivo 2	Sistema Productivo 3
Manejo ₁	$i=1$		$i=2$
Manejo ₂		$i=3$	
Manejo ₃	$i=4$		

Manejo: conjunto de prácticas históricas o actuales para producción y manejo en un lugar concreto. **Sistema productivo:** conjunto de procesos y actividades de trabajo para la producción sobre la cobertura vegetal de un lugar específico. En el ejemplo los estratos en línea base van desde $i=1$ a $i=4$ ($M_{BSL}=4$). El resto de combinaciones de sistemas productivos y de manejo no existen en el ejemplo propuesto para la estratificación en línea base.

Se ocupa específicamente de la actividad de producción de artículos, es decir, de su diseño, su fabricación y del control del personal, los materiales, los equipos, el capital y la información para el logro de esos objetivos.

Nota: M_{BSL} permanece fijo en todo el período de acreditación. En las ecuaciones utilizadas en esta metodología, la letra i representa un estrato y la letra M el número total de estratos.

h) Para sistemas o paisajes muy variables, existe la opción de llevar a cabo un muestreo sistemático para determinar el porcentaje del área del proyecto ocupada por cada estrato. Cada parcela, con base en las especificaciones encontradas en el sitio, se asignará a uno de los estratos identificados como arriba se menciona. Por este método son necesarias más de 100 parcelas, ó 1 parcela por 5 has de área del proyecto. Se aplicarán las proporciones definidas por el área del proyecto para definir la condición de línea base. Muestreos subsecuentes para la determinación de carbono en la línea base, podrán tener lugar en cada estrato definido.

Paso 2: Estratificación según las actividades de proyecto planeadas (estratos M_p):

a) Definir el/los modelo(s) productivo(s) a ser implementado(s) en el área del proyecto especificando posiblemente:

- La(s) especie(s) herbácea(s), arbustiva(s) o arbórea(s) o combinación de especies a ser sembradas y/o plantadas en una sola ubicación y en la misma fecha;
- Los supuestos de crecimiento de la(s) especie(s) o combinación de especies en el modelo;
- Calendarios de las prácticas de manejo mejoradas de cada modelo, especificando:
 - Año en el que las actividades de manejo serán implementadas;
 - Tipo de tratamiento nuevo del terreno (tratamiento de vegetación preexistente y preparación del suelo);
 - Ciclos de siembra de especies preexistentes o nuevas;
 - La cantidad, frecuencia y tipo de fertilizantes a ser aplicados;
 - Los volúmenes cosechados, especificando porción extraída y porción que permanece en el terreno;
 - Tipo de especies para la creación de banco de proteínas o cercas vivas;
 - Existencias de biomasa (crecimientos, cosechas, etc);
 - Los volúmenes de biomasa dirigidos a la alimentación de rumiantes;
 - La cantidad de heces depositadas por los rumiantes y su posterior manejo;
 - Tipos de especies nuevas a implementar para mejorar biomasa y/o dieta animal (disminución de fermentación entérica);
 - Plan de nutrición suplementaria para rumiantes si es el caso;
 - Plan de control de la cantidad de alimento (forraje) para consumo por el ganado;
 - Plan de rotación de praderas para el pastoreo del ganado.

b) Definir el calendario del establecimiento para cada modelo especificando:

- La fecha siembra;
- El área a ser plantada/sembrada (ha);
- La ubicación geográfica para cada modelo.

c) Estratificar el área del proyecto según las especificaciones mencionadas arriba. Los estratos distintos deben diferir significativamente de otros en lo que se refiere a su remoción y reducción de emisiones netas de GHG por sumideros y las fuentes. Por otro lado, las prácticas de manejo mejoradas, las especies y otros factores del escenario del proyecto pueden no justificar un estrato separado si las tierras tienen cambios similares en las existencias reales de los reservorios de carbono.

Los resultados de los modelos productivos por prácticas de manejo mejoradas en cada estrato del escenario proyecto se pueden detallar en la siguiente tabla:

Tabla 5. Modelos productivos y prácticas de manejo presentes en los estratos bajo el escenario del proyecto

M_p			
Factores	Modelo Productivo ₁	Modelo Productivo ₂	Modelo Productivo ₃
Manejo ₁	$i=1$	$i=2$	
Manejo ₂			$i=3$

Manejo: conjunto de prácticas de manejo mejoradas para producción y manejo en un lugar concreto. **Modelo productivo:** tipo de cobertura a implementar en un lugar en concreto. En el ejemplo los estratos en el escenario del proyecto van desde $i=1$ a $i=3$ ($M_p=3$). El resto de combinaciones de sistemas productivos y de manejo no existen en el ejemplo propuesto para la estratificación en el escenario de proyecto.

Nota: Ajustes *ex post* de los estratos en el escenario del proyecto (estratificación *ex post*) pueden ser necesarios si se producen perturbaciones inesperadas durante el período de acreditación (por ejemplo, incendios, plagas o enfermedades), lo que afecta directamente a los estratos originalmente homogéneos, o cuando en el manejo de pastizales (siembra, ramoneo, raleo, cosecha, replantación) se produce en intensidades, fechas y en lugares diferentes a lo que se habían planeado. En las ecuaciones utilizadas en esta metodología, la letra i representa un estrato y la letra M el número total de estratos.

Paso 3: Estratificación final *ex ante* (combinación de los resultados de los pasos 1 y 2):

a) Delineación verificable de los límites de cada estrato (definido en el paso 1 y 2) usando GPS, análisis de datos espaciales geo-referenciados u otras técnicas apropiadas. Verificar la consistencia con los límites totales del proyecto. Las coordenadas pueden ser obtenidas en campo por GPS, estudios o análisis de datos espaciales de geo-referenciación, usando el Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS).

b) Preferiblemente, los participantes del proyecto construirán las bases de datos espaciales en una plataforma de Sistema de Información Geográfica (GIS) para cada parámetro usado para la estratificación del área del proyecto bajo el escenario de línea base y del proyecto. Esto facilitará la consistencia con los límites del proyecto, la obtención de la superficie precisa de los estratos de los escenario de línea base y de proyecto, y un monitoreo transparente.

Los resultados de la estratificación final *ex ante* por combinación de los estratos de línea base y de los del escenario del proyecto se pueden detallar en la siguiente tabla:

Tabla 6. Estratificación final ex ante

		Estratificación de la línea base			
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Estratificación Proyecto	1	<i>i=1</i>	<i>i=2</i>		
	2		<i>i=3</i>		
	3	<i>i=4</i>			<i>i=5</i>

En el ejemplo se muestra la estratificación final por combinación de la estratificación de línea base y del escenario del proyecto, dando como resultado *i=1* a *i=5* ($M=5$). El resto de combinaciones no existen en el ejemplo propuesto para la estratificación final *ex ante*.

Nota: la letra *i* representa un estrato y la letra M = es el número de estratos *ex ante* definidos en la estratificación final, que ocurrirán en un tiempo *t*.

4.2.4 Procedimiento para la selección del escenario de línea base más viable¹⁹

El escenario de línea base es determinado por los siguientes pasos:

Paso 1: Demostrar que las actividades de proyecto propuestas cumplen las condiciones bajo las cuales la metodología propuesta es aplicable y el enfoque 22(a) de línea base puede ser utilizado.

Paso 2: Definir los límites del proyecto tal y como se describió en el punto 4.2.1

Paso 3: Analizar el uso histórico o actual de la tierra, uso local de la tierra, las políticas o regulaciones y las alternativas de uso de la tierra.

a) Analizar el uso histórico y actual de la tierra, cambios de cobertura dentro del contexto de condiciones socioeconómicas prevalecientes en el ámbito de las actividades de proyecto propuestas e identificar los factores clave que influyen en el uso de la tierra y cambios en la cobertura de la tierra a lo largo del tiempo. Se debe utilizar múltiples fuentes de datos incluidos los archivos, mapas o imágenes de satélite de uso de la tierra, datos de cobertura antes de iniciar las actividades de proyecto propuestas, además, de investigación sobre el terreno, entrevistas con los propietarios de la tierra, así como también estudios y datos obtenidos de otras fuentes.

b) Demostrar que el uso histórico y actual de la tierra, así como sus prácticas de manejo han conllevado a mantener una vegetación estable o en degradación y a producir emisiones de GHG a través del tiempo. Proporcionar indicadores de prácticas de manejo actuales o históricas, del estado del contenido de carbono almacenado que pueda ser verificado. Mantener la elección de estos indicadores usando fuentes apropiadas de información creíble, tales como literatura científica y estudios o datos recogidos en la zona del proyecto o áreas similares.

¹⁹ El procedimiento para la selección del escenario de línea base se realiza de acuerdo con los requerimientos de la ISO 14064-2:2006. Punto 5.4.

Las características de las prácticas de manejo actuales o históricas que han dado como resultado la vegetación actual y las emisiones de GHG, pueden ser demostradas por los siguientes indicadores:

1. Vegetación estable o en degradación. Por ejemplo:

- Se observa que los pastizales en dos puntos del tiempo (pasado y actual) poseen menor o igual contenido de las existencias de carbono en los reservorios de carbono por implementación de prácticas de manejo actual o histórico;
- Hubo mayor vegetación arbórea y no arbórea en un punto del pasado y actualmente existe una disminución o permanece igual la cobertura de suelos, la vegetación arbórea y no arbórea.

2. Incremento en la emisión de GHG. Por ejemplo:

- Prácticas de quema conduce a la eliminación de vegetación y erosión del suelo e incrementan emisiones de GHG no CO₂.
- Prácticas de labranza y sobrepastoreo que conducen a la erosión del suelo y disminuyen las existencias de carbono en el carbono orgánico del suelo.
- Uso de fertilizantes que incrementan la emisión de GHG no CO₂.
- El inadecuado manejo del estiércol produce emisiones de GHG no CO₂.
- La alimentación proporcionada al ganado (concentrado y especies de forraje de mala calidad) incrementa la emisión de GHG no CO₂.

Estos indicadores no representan todos los casos de devegetación y emisión de GHG de pastizales, pero son los que se consideran en esta metodología. No obstante, otros indicadores pueden ser utilizados.

c) Identificar alternativas de uso de la tierra incluyendo actividades alternativas públicas o privadas sobre las tierras con prácticas de manejo actuales o históricas, cualquier actividad similar o cualquier otra actividad posible desarrollada en las tierras, que no estén en contradicción con los usos de la tierra identificados en políticas y regulaciones local, nacional y/o sectorial y que puedan aplicarse dentro de los límites de las actividades de proyecto

propuestas. Para hacerlo, se utiliza registros de uso de la tierra, estudios sobre el terreno, datos y retroalimentación de los interesados y otras fuentes pertinentes.

d) Demostrar que las prácticas de manejo de la tierra dentro de los límites de las actividades de proyecto propuestas no cambiarán y/o conducirán a una mayor disminución del contenido de carbono o a un aumento en las emisiones de GHG en ausencia de las actividades de proyecto propuestas. Por ejemplo, mediante la evaluación de atractivos relativos al uso alternativo de la tierra en términos de beneficios para la economía local y la subsistencia de las comunidades, consultando con interesados el uso actual y futuro de la tierra e identificando barreras para usos alternativos.

Si el análisis anterior indica que el uso de la tierra en línea base dentro de los límites de las actividades propuestas en el proyecto, probablemente cambie su situación actual (es decir, no sigan implementando prácticas de manejo actuales o históricas tendientes a una disminución en las existencias de carbono de los reservorios o al incremento en la emisión de GHG), entonces esta metodología no es aplicable. Sin embargo, si el análisis muestra que un cambio se produce como resultado de la aplicación de las actividades de proyecto, se debe continuar con el siguiente paso.

Paso 4: Estratificación del área del proyecto, tal como se explica arriba en el punto 4.2.3.

Paso 5: Determinar el escenario de uso y cobertura de la tierra en línea base para cada estrato.

Mostrar evidencia de que las tierras no se restaurarán naturalmente y continuarán bajo uso pastizal con prácticas de manejo actuales o históricas en ausencia de actividades de proyecto. Para ello, los participantes del proyecto deben demostrar que existió y se mantendrá una presión antropogénica que impide tanto el crecimiento de vegetación arbórea y no arbórea (hasta el umbral de la definición de bosque del país anfitrión) y que no existen iniciativas para el cambio de prácticas de manejo del pastizal en el lugar.

4.2.5. Remociones y emisiones de GHG en línea base²⁰

Esta metodología reconoce un posible uso de la tierra en el escenario de línea base: pastizales con prácticas de manejo actuales o históricas, bajo este escenario se producen unas emisiones y un estado estable o disminución de las existencias de carbono en los reservorios. Bajo un enfoque conservador, en esta metodología las disminuciones de las existencias de carbono en la línea base no se consideran. (No se tiene en cuenta la devegetación evitada)

A continuación se describen las remociones y emisiones contempladas en la línea base.

4.2.5.1 Remoción de GHG por sumideros en línea base

La remoción de GHG por sumideros en línea base es la suma de los cambios en las existencias de los reservorios de carbono dentro de los límites del proyecto que se habrían producido en ausencia de las actividades de proyecto. Bajo las condiciones en las que la metodología propuesta es aplicable (descritas en el punto 4.1.2), el uso actual de la tierra es pastizal y presenta prácticas de manejo que disminuyen las existencias de carbono en los reservorios o las mantienen en estado estable.

Bajo las condiciones de aplicabilidad de esta metodología los cambios en las existencias de carbono en el carbono orgánico del suelo son asumidos conservadoramente como cero en todos los estratos del escenario de línea base, ya que las existencias de carbono en este reservorio disminuyen o son estables.

La remoción en la línea base (ΔC_{BSL}) cuando la vegetación se mantiene en estado estable o en degradación, será considerado desde el enfoque conservador igual a cero ($\Delta C_{BSL} = 0$). En caso contrario, las remociones por los sumideros en la línea base se calculan de la siguiente forma:

$$\Delta C_{BSL} = \Delta C_{BSL_Tree} + \Delta C_{BSL_NonTree} \quad (1)$$

Donde:

²⁰ Las fuentes y los sumideros establecidos en el escenario de línea base siguen los requerimientos de la ISO 14064-2:2006. Punto 5.5.

ΔC_{BSL} = Remoción de GHG por sumideros en línea base, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

ΔC_{BSL_Tree} = Suma de los cambios de las existencias de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo de árboles en línea base, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

$\Delta C_{BSL_NonTree}$ = Suma de los cambios de las existencias de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo de vegetación no leñosa (arbustos y herbáceas) en línea base, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

Nota: la ecuación 1 se utiliza para estimar las remociones de GHG durante el período de tiempo transcurrido entre inicio del proyecto ($t = 1$) y el año $t = t^*$, donde t^* es el año en el cual se estiman los gases GHG netos reales removidos y reducidos por sumideros y fuentes.

ΔC_{BSL_Tree} y $\Delta C_{BSL_NonTree}$ son estimados de la siguiente manera:

4.2.5.1.1 Cambios en las existencias de carbono de biomasa de árboles en línea base

La estimación de la existencia de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo de árboles en la línea base (ΔC_{BSL_Tree}), se llevará a cabo según la siguiente ecuación. Esta ecuación proporciona cálculos que se deben realizar en cada estrato. Si hay más de un estrato en el escenario de línea base, los resultados de todos los estratos se suman para obtener el valor total del proyecto.

$$\Delta C_{BLS_Tree} = \sum_{i=1}^{M_{BSL}} \sum_{t=1}^{t^*} \Delta C_{BSL_Tree, i, t} * 44/12$$

(2)

Donde:

ΔC_{BSL_Tree} = Suma de los cambios de las existencias de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo de árboles en línea base, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

- $\Delta C_{BSL_Tree,i,t}$ = Cambio neto anual de las existencias de carbono de biomasa arriba y debajo del suelo de árboles en línea base, en el estrato i , en el año t , en t C año⁻¹.
- 44/12 = Proporción del peso molecular de CO₂/C, en t CO₂-e t C⁻¹.
- i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.
- t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto, en año.

El $\Delta C_{BSL_Tree,i,t}$, se estima usando uno de los siguientes métodos que pueden ser seleccionados según la disponibilidad de datos.

Método 1 (Método de ganancia y pérdida de carbono)²¹

$$\Delta C_{BSL_Tree,i,t} = \Delta C_{Growth\ h_{i,t}} - \Delta C_{BiomassLoss\ _{i,t}} \quad (3)$$

Donde:

$\Delta C_{BSL_Tree,i,t}$ = Cambio neto anual de las existencias de carbono de biomasa arriba y debajo del suelo de árboles en línea base, en el estrato i , en el año t , en t C año⁻¹.

$\Delta C_{Growth\ h_{i,t}}$ = Incremento anual de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo debido al crecimiento de árboles vivos en el estrato i , en el año t , en t C año⁻¹.

$\Delta C_{BiomassLoss\ _{i,t}}$ = Disminución anual de carbono en biomasa de árboles arriba y debajo del suelo debido a la pérdida de biomasa en el estrato i , en el año t , en t C año⁻¹.

Nota: La hipótesis conservadora, que $\Delta C_{BiomassLoss,i,t} = 0$, es permitida en el escenario de línea base²².

²¹ IPCC GPG-LULUCF 2003. Ecuaciones: 3.2.2.; 3.2.4. y 3.2.5.

²² Esta hipótesis implica que toda la biomasa arbórea en línea base se supone seguirá viviendo y creciendo durante todo el período de acreditación. Esto es conservador, porque la proporción de biomasa viva que morirá o se cosechará no es

- i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.
- t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

$$\Delta C_{Growth\ h,i,t} = A_{BSL,i} * \sum_{j=1}^J G_{tree\ j,i,t} * CF_j \quad (4)$$

Donde:

$\Delta C_{Growth\ h,i,t}$ = Incremento anual de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo debido al crecimiento de árboles vivos en el estrato i , en el año t , en t C año⁻¹.

$A_{BSL,i}$ = Área del estrato i en línea base, en ha.

$G_{tree\ j,i,t}$ = Incremento anual de biomasa seca total arriba y debajo del suelo de la especie j de árboles vivos en el estrato i , en el año t , en t d.m. ha⁻¹ año⁻¹.

CF_j = Fracción de carbono de materia seca de la especie j ; en t C (t d.m.)⁻¹.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.

j = Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario de línea base.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

Y:

$$G_{tree\ j,i,t} = G_{w,j,i,t} * (1 + R1_j) \quad (5)$$

$$G_{w,j,i,t} = I_{V,j,i,t} * D_j * BEF_{1,j} \quad (6)$$

deducida de la estimación de remoción de GHG netos por sumideros en la línea base y porque el crecimiento de biomasa en la línea base cesará (es decir, la biomasa se estabilizará) en algún punto en el tiempo.

Donde:

$G_{tree,j,i,t}$ = Incremento anual de biomasa seca total arriba y debajo del suelo de la especie j de árboles vivos en el estrato i , en el año t , en t d.m. ha⁻¹ año⁻¹.

$G_{w,j,i,t}$ = Incremento anual de biomasa seca arriba del suelo de la especie j viva de árboles, en el estrato i , en el año t , en t d.m. ha⁻¹ año⁻¹.

$R1_j$ = Relación apropiada de raíz-tallo (valores expuestos en IPCC)²³ para el incremento de biomasa de la especie j , en t d.m. (t d.m.)⁻¹.

$I_{V,j,i,t}$ = Incremento actual anual del volumen de la especie j en el estrato i , en el año t , m³ ha⁻¹ año⁻¹.

Nota: $I_{V,j,i,t}$ puede ser estimado como un valor promedio constante anual en un período incluyendo el año t (incremento periódico anual).

Nota: t es probable sea diferente a la edad de los árboles individuales en el año t .

D_j = Densidad básica de la madera de la especie j , en t d.m. m⁻³.

$BEF_{1,j}$ = Factor de expansión de biomasa para la conversión del incremento anual neto (incluida la corteza) de la biomasa del tallo al incremento total de biomasa arriba del suelo de árboles de la especie j , en t d.m. (t d.m.)⁻¹.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.

j = Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario de línea base.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

²³ IPCC GPG-LULUCF 2003. Tabla 3A 1.8; IPCC AFOLU 2006. Tabla 4.4 y Tabla 6.1.

Si existe información disponible del incremento de biomasa y es aplicable a las especies utilizadas en las actividades de proyecto, estas pueden ser utilizadas directamente en la ecuación 5. Se debe tener en cuenta que los datos disponibles sobre el incremento anual del volumen ($I_{V,j,i,t}$) de la especie j , en el estrato i , en el año t , puede ser expresado como un incremento promedio neto anual es decir, el término $\Delta C_{BiomassLoss_{i,t}}$, ya está implícitamente y se fijará a cero en la ecuación (3), con el fin de evitar la doble contabilidad.

Por otra parte, si el incremento anual del volumen ($I_{V,j,i,t}$), de la especie j en el estrato i , para el año t se expresa en cifras brutas, entonces, puede ser asumida conservadoramente como cero. De lo contrario, debe ser estimado con base en información transparente y verificable sobre el ritmo al cual las actividades previas al proyecto (o mortalidad) reducen las existencias de carbono en las existencias de árboles vivos.

Método 2 (método de cambios en las existencias)²⁴

$$\Delta C_{BSL_Tree_{i,t}} = \sum_{j=1}^J \frac{C_{j,i,t2} - C_{j,i,t1}}{T} \quad (7)$$

$$C_{j,i,t} = C_{AB_Tree_{j,i,t}} + C_{BB_Tree_{j,i,t}} \quad (8)$$

$$C_{AB_Tree_{j,i,t}} = A_{BSL,i} * V_{Tree_{j,i,t}} * D_j * BEF_{2,j} * CF_j \quad (9)$$

$$C_{BB_Tree_{j,i,t}} = C_{AB_tree_{j,i,t}} * R_j \quad (10)$$

Donde:

$\Delta C_{BSL_Tree_{i,t}}$ = Cambio neto anual de las existencias de carbono de biomasa arriba y debajo del suelo de árboles en línea base, en el estrato i , en el año t . en t C año⁻¹.

$C_{j,i,t2}$ = Existencia de carbono total en biomasa viva de árboles de la especie j , en el estrato i , calculados en el tiempo $t2$, en t C.

²⁴ IPCC GPG-LULUCF 2003. Ecuación: 3.2.3.

$C_{j,i,t1}$	= Existencia de carbono total en biomasa viva de árboles de la especie j , en el estrato i , calculados en el tiempo $t1$; en t C.
T	= Número de años entre el monitoreo del tiempo $t2$ y $t1$ ($T = t2-t1$), en años.
$C_{AB_Tree,j,i,t}$	= Existencias de carbono en la biomasa de árboles arriba del suelo de la especie j , en el estrato i , en el año t , en t C.
$C_{BB_Tree,j,i,t}$	= Existencias de carbono en la biomasa de árboles debajo del suelo especie j , en el estrato i , en el año t , en t de C.
$A_{BSL,i}$	= Área del estrato i en línea base, en ha.
$V_{Tree,j,i,t}$	= Volumen del tallo de árboles de la especie j previo al proyecto, en el estrato i , en el año t , en $m^3 \text{ ha}^{-1}$.
D_j	= Densidad básica de la madera para la especie j , en t d.m. m^{-3} .
$BEF_{2,j}$	= Factor de expansión de biomasa para la conversión de biomasa de tallos a biomasa de árboles arriba del suelo de la especie j , en t d.m. (t d.m.) ⁻¹ .
CF_j	= Fracción de carbono de materia seca de la especie j , en t C (t d.m.) ⁻¹ .
R_j	= Relación apropiada de raíz-tallo para las existencias de biomasa, por especie j , en t C t ⁻¹ C. t d.m. (t d.m.) ⁻¹ .
i	= Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.
j	= Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario de línea base.
t	= Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

Otra vía alternativa para estimar $C_{AB_tree,j,i,t}$ es por medio de **ecuaciones alométricas**:

$$C_{AB_Tree,j,i,t} = A_{BSL,i} * nTR_{j,i,t} * CF_j * f_j (DBH, H) \quad (11)$$

Donde:

$C_{AB_Tree\ j,i,t}$ = Existencias de carbono en la biomasa de árboles arriba del suelo de la especie j , en el estrato i , en el tiempo t , en t C.

$A_{BSL,i}$ = Área del estrato i de la línea base, en ha.

$nTR_{j,i,t}$ = Densidad de árboles en pie de la especie j previo al proyecto, en el estrato i , en el año t , en árboles ha^{-1} .

CF_j = Fracción de carbono de materia seca de la especie j , en t C (t d.m.)⁻¹.

$f_j (DBH, H)$ = Ecuación alométrica de la especie j , relacionada con el diámetro a la altura de pecho (DBH) y posiblemente la altura (H), de la biomasa de árboles vivos; en t d.m. árbol⁻¹.

Nota: si se utiliza un promedio de DHB en una ecuación alométrica, el promedio debe ser calculado como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los diámetros de árboles individuales que componen la muestra dividido por su número, es decir, lo denominado media cuadrática o raíz cuadrada media.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.

j = Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario de línea base.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

Tener en cuenta que la información de volumen de árboles ($V_{Tree,j,i,t}$), que se obtiene puede o no subsidiar las pérdidas debido a la cosecha o la mortalidad. Estas pérdidas pueden ser tenidas en cuenta de manera conservadora cuando se estima la remoción en árboles en línea base. De lo contrario el $\Delta C_{BiomassLoss,i,t}$ debe ser estimado con base en información transparente y verificable sobre el ritmo en el que las actividades previas al proyecto (y la mortalidad, si se aplica) están reduciendo las existencias de carbono en las existencias de árboles vivos.

4.2.5.1.2 Cambios en las existencias de carbono de biomasa de vegetación no leñosa (arbustos y herbáceas) en línea base

La vegetación no leñosa en pastizales está conformada por componentes arbustivos y herbáceos. Los componentes arbustivos bajo esta metodología se refieren a la vegetación no leñosa que tiene una altura mínima por debajo de umbrales de bosque definidos en el país huésped. La biomasa inicial de vegetación no leñosa en pastizales con prácticas de manejo, se espera sea baja. La estimación de la existencia de carbono en biomasa arriba y debajo de suelo de vegetación no leñosa ($\Delta C_{BSL_NonTree}$) es representada por la siguiente ecuación:

Los cambios en biomasa de componentes no leñosos son considerados bajo el escenario de línea base.

$$\Delta C_{BSL_NonTree} = \sum_{i=1}^{M_{BSL}} \sum_{t=1}^{t^*} [\Delta C_{BSL_Shrub,i,t} + \Delta C_{BSL_Herb,i,t}] * 44/12 \quad (12)$$

Donde:

$\Delta C_{BSL_NonTree}$ = Suma de los cambios de las existencias de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo de vegetación no leñosa (arbustos y herbáceas) en línea base, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

$\Delta C_{BSL_Shrub,i,t}$ = Cambio neto anual en las existencias de carbono de la biomasa de arbustos arriba y abajo del suelo en la línea base en estrato i , en el año t ; en t C año⁻¹.

$\Delta C_{BSL_Herb,i,t}$ = Cambio neto anual en las existencias de carbono de la biomasa de herbáceas arriba y abajo del suelo en la línea base en estrato i , en el año t ; en t C año⁻¹.

44/12 = Proporción del peso molecular de CO₂/C; en t CO₂-e t C⁻¹.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

$\Delta C_{BSL_Shrub,i,t}$ y $\Delta C_{BSL_Herb,i,t}$, se estiman como a continuación se describe, usando los siguientes métodos, que son seleccionados según la disponibilidad de datos.

4.2.5.1.2.1 Cambios en las existencias de carbono en biomasa de arbustos arriba y debajo del suelo en línea base

La estimación de cambios en las existencias de biomasa en la vegetación no leñosa de arbustos se pueden calcular usando métodos empíricos, ecuaciones alométricas y/o factores de acumulación.

$$\Delta C_{BSL_Shrub,i,t} = \Delta C_{BSL_Shrub_AG,i,t} + \Delta C_{BSL_Shrub_BG,i,t} \quad (13)$$

Donde:

$\Delta C_{BSL_Shrub,i,t}$ = Cambio neto anual en las existencias de carbono de la biomasa de arbustos arriba y abajo del suelo en la línea base en estrato i , en el año t ; en t C año⁻¹.

$\Delta C_{BSL_Shrub_AG,i,t}$ = Cambio neto anual en las existencias de carbono de la biomasa de arbustos arriba del suelo en la línea base en estrato i , en el año t , en t C año⁻¹.

$\Delta C_{BSL_Shrub_BG,i,t}$ = Cambio neto anual en las existencias de carbono de la biomasa de arbustos debajo del suelo en la línea base en estrato i , en el año t , en t C año⁻¹.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

La biomasa arriba del suelo de vegetación no leñosa de arbustos $\Delta C_{BSL_Shrub_AG,i,t}$, puede estimarse como abajo se menciona.

Dependiendo de la composición de arbustos, éstos pueden ser componentes significantes en el proyecto. Si hay disponibilidad de ecuaciones alométricas locales o regionales, éstas pueden ser colectadas, siendo importantes para diseñar, aplicar y evaluar modelos en el contexto del proyecto. Por ejemplo, la regresión de biomasa para vegetación no leñosa de perennes a la

altura y diámetro de 30 cm sobre el suelo se describe a continuación (Stewart 2002). No obstante, es posible omitir la biomasa de vegetación no leñosa de arbustos en la estimación de línea base, como un enfoque conservador.

$$\Delta C_{BSL_Shrub_AG,i,t} = \sum_{j=1}^J [C_{Shrub_AG,i,j}(t) - C_{Shrub_AG,i,j}(t-1)] \quad (14)$$

Donde:

$\Delta C_{BSL_Shrub_AG,i,t}$ = Cambio neto anual de las existencias de carbono en la biomasa arriba del suelo de arbustos en la línea base en estrato i , en el año t , en t C año⁻¹.

$C_{Shrub_AG,i,j}(t)$ = Existencia de carbono en biomasa de vegetación no leñosa arriba del suelo de arbustos de la especie j , en el estrato i , en el año t (t = un año dado), en t de C.

$C_{Shrub_AG,i,j}(t-1)$ = Existencia de carbono en biomasa de vegetación no leñosa arriba del suelo de arbustos de la especie j , en el estrato i , en el año $t-1$, en t de C.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.

j = Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario de línea base.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

$$C_{Shrub_AG,i,j,t} = A_{Shrub,i,j} * B_{Shrub_AG,i,j,t} * CF_s \quad (15)$$

$$B_{Shrub_AG,i,j,t} = \alpha + \beta * \sum D_{i,j}^2 * H_{i,j} \quad (16)$$

Donde:

$C_{Shrub_AG,i,j,t}$ = Existencia de carbono en la biomasa de vegetación no leñosa de arbustos arriba del suelo de la especie j , en el estrato i , en el año t , en t de C.

$A_{Srhub,i,j}$	= Área del estrato i y la especie de arbustos j , en ha.
CF_s	= Fracción de carbono para arbustos (valor por defecto 0.5), en t de C (t d.m.) ⁻¹ .
$B_{Srhub}_{A,G,i,j,t}$	= Biomasa de vegetación no leñosa de perennes arriba del suelo de la especie j , en el estrato i , (categoría de edad de árboles), en el año t , en t d.m. ha ⁻¹ .
Nota: el estrato i y la especie j se refieren a las especies de árboles con las cuales están asociadas los arbustos.	
$H_{i,j}$	= Altura de la planta perenne leñosa de base de la especie j , en el estrato i , (categoría de edad de árboles), en m.
$D_{i,j}^2$	= Suma de todos los diámetros al cuadrado de plantas perenne leñosa de la especie j , en el estrato i , (categoría de edad de árboles), en cm.
β	= Parámetro de regresión.
α	= Intercepto.
i	= Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.
j	= Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario de línea base.
t	= Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

Por otra parte, los factores de emisión de carbono por defecto pueden ser utilizados siempre que la acumulación de factores adoptados sea basada en criterios justificables y soportados por estudios relevantes.

Si no hay disponibilidad de ecuaciones alométricas relevantes para el contexto del proyecto, es buena práctica adoptar ecuaciones alométricas disponibles para tipos de especies en la región. Las ecuaciones alométricas para arbustos están basadas en variables tales como diámetro de la base (DB), altura de arbusto (H), área/diámetro de la corona (CA) y número de tallos (N).

$$C_{Srhub_{AG},i,j,t} = A_{Srhub,i,j} * f_j (DB, H, CA, N) * CF_S \quad (17)$$

Donde:

$C_{Srhub_{AG},i,j,t}$ = Existencia de carbono en la biomasa de vegetación no leñosa de arbustos arriba del suelo de la especie j , en el estrato i , en el año t , en t de C.

$A_{Srhub,i,j}$ = Área del estrato i y la especie de arbustos j , en ha.

$f_j (DB, H, CA, N)$ = Biomasa arriba del suelo de arbustos en t d.m. ha⁻¹, en el año t . Ecuación alométrica en función del diámetro a la base (DB), altura de arbusto (H), área/diámetro de la corona (CA) y número de tallos (N).

CF_S = Fracción de carbono para arbustos (valor por defecto 0.5), en t de C (t d.m.)⁻¹.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.

j = Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario de línea base.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

La biomasa debajo del suelo de vegetación no leñosa de arbustos $\Delta C_{BSL_Shrub_BG,i,t}$, puede ser relevante y puede ser estimada como el producto de la biomasa arriba del suelo y la relación raíz–tallo de las especies de arbustos. En ausencia de datos locales sobre especies de arbustos, los datos de IPCC pueden usarse para estimar la biomasa debajo del suelo de la siguiente manera:

$$\Delta C_{BSL_Shrub_BG,i,t} = \Delta C_{BSL_Shrub_AG,i,t} * R_{S,j} \quad (18)$$

$\Delta C_{BSL_Shrub_BG,i,t}$ = Cambio neto anual en las existencias de carbono en la biomasa debajo del suelo de arbustos en la línea base en estrato i , en el año t , en t C año⁻¹.

- $\Delta C_{BSL_Shrub_AG,i,t}$ = Cambio neto anual en las existencias de carbono en la biomasa arriba del suelo de arbustos en la línea base en estrato i , en el año t , en t C año⁻¹.
- $R_{S,j}$ = Relación raíz-tallo de arbustos de la especie j , adimensional.
- i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.
- j = Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario de línea base.
- t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

El IPCC²⁵ contempla valores por defecto de la relación raíz-tallo (R) para estimar biomasa de vegetación no leñosa de arbustos. No obstante, en ausencia de datos específicos de la relación raíz-tallo, la biomasa arriba del suelo en línea base, puede ser estimada usando literatura publicada. Por ejemplo la relación entre la biomasa arriba del suelo y la biomasa debajo del suelo (relación raíz-tallo ~0.2) (Cairns et al. 1997)²⁶, se basa en diferentes estudios de varias regiones geográficas.

$$B_{BG,i,j} = \exp [-0.7747 + 0.8836 * \ln B_{AG,i,j}] \quad (19)$$

Donde:

- $B_{BG,i,j}$ = Biomasa debajo del suelo en el estrato i , especie j , en t d.m. ha⁻¹.
- $B_{AG,i,j}$ = Biomasa arriba del suelo en el estrato i , especie j , en t d.m. ha⁻¹.
- i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.
- j = Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario de línea base.

4.2.5.1.2.2 Cambios en las existencias de carbono en biomasa de herbáceas arriba y debajo del suelo en línea base

²⁵ IPCC AFOLU 2006. Tabla: 4.4

²⁶ Cairns, M.A.; Brown, S. et al. (1997): Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* (1):1-11.

La vegetación herbácea por lo general representa gran proporción en la biomasa aérea de los pastizales. No obstante, se puede suponer que debido a prácticas de manejo actuales e históricas, el incremento de carbono de la biomasa herbácea puede ser el mismo o disminuirá en ausencia de las actividades del proyecto, con lo cual puede ser cero usando el enfoque conservador. Sin embargo, si el cambio de carbono en la vegetación no leñosa es significativo, en esta metodología, la estimación de la biomasa no leñosa de herbáceas $\Delta C_{BSL_Herb_AG/BG,i,t}$ puede llevarse a cabo de la misma manera que para biomasa arbustiva donde los valores de la relación raíz – tallo pueden ser tomados del IPCC²⁷.

4.2.5.2 Emisiones de GHG en el escenario de línea base

Las emisiones de GHG en línea base son las que se producirían como resultado de las prácticas de manejo actual o histórico en pastizales, directamente relacionadas con las siguientes actividades:

- Quema de biomasa.
- Producción de ganado: sistema de digestión (CH₄) y manejo de estiércol (N₂O y CH₄).
- Fertilización nitrogenada (N₂O).
- Quema de combustibles fósiles derivados de la preparación del sitio, cosechas, entre otros.

$$E_{BSL} = E_{Biomass_Burn} + E_{Livestock} + E_{fert_N2O} + E_{Fc} \quad (20)$$

Donde:

E_{BSL} = Emisiones de GHG en el escenario de línea base, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

$E_{Biomass_Burn}$ = Emisiones de GHG no CO₂ por quema de biomasa, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

²⁷ IPCC AFOLU 2006. Tabla 6.1; IPCC GPG-LULUCF 2003. Tabla 3.4.3

$E_{Livestock}$ = Emisiones de GHG no CO₂ provenientes del ganado, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

E_{fert_N2O} = Emisiones de N₂O por aplicación de fertilizantes nitrogenados, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

E_{FC} = Emisiones de CO₂ por combustión de combustible fósil, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

Nota: la ecuación 20 se utiliza para estimar las emisiones de GHG durante el período de tiempo transcurrido entre inicio del proyecto ($t = 1$) y el año $t = t^*$, donde t^* es el año en el cual se estiman los gases GHG netos reales removidos y reducidos por sumideros y fuentes.

Los resultados de los cálculos de las emisiones de la línea base se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 7. Emisiones de GHG en la línea base por prácticas de manejo actuales o históricas

Año proyecto	$E_{Biomass_burn}$ (Emisiones por quema de biomasa)		$E_{Livestock}$ (Emisiones provenientes del ganado)						$E_{BN20,fert}$ (emisiones por Fertilización)		E_{FC} (Quema de combustible fósil)		Total	
	Emisiones de GHG no CO ₂		Emisiones de CH ₄ por fermentación entérica		Emisiones de CH ₄ por manejo de estiércol		Emisiones de N ₂ O por manejo de estiércol		Emisiones de N ₂ O		Emisiones de CO ₂			
	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e
	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum
1														
2														
...														
t^*														
Total														

4.2.5.2.1 Estimación de emisiones de GHG no CO₂ por quema de biomasa de vegetación existente

Las emisiones de GHG no CO₂ por quema de biomasa en pastizales que permanecen como tales, se producen en regiones tropicales y subtropicales, principalmente en áreas de sabana, como resultado de prácticas de manejo. Las emisiones de CO₂ por quema de biomasa se

estiman como cambios de existencia de carbono, por lo tanto, estas emisiones de CO₂ son ignoradas para evitar la doble contabilidad²⁸.

Si existen suficientes datos de emisión de GHG no CO₂ (CH₄) dentro del período histórico de referencia por quema de biomasa, los proponentes del proyecto pueden considerar dichas emisiones como un componente en el escenario de línea base. Si no se cuenta con datos disponibles, las emisiones por quema de biomasa no son consideradas (bajo un enfoque conservador).

Según el IPCC²⁹, la quema de biomasa puede ser estimada de la siguiente manera:

$$E_{Biomass_Burn} = \sum_{t=1}^{t^*} E_{Biomass_Burn,CH4,t} \quad (21)$$

Donde:

$E_{Biomass_Burn}$ = Emisiones de GHG no CO₂ por quema de biomasa, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

$E_{Biomass_Burn,CH4,t}$ = Emisión anual de CH₄ por quema de biomasa, en el año t , en t CO₂-e año⁻¹.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

$$E_{Biomass_Burn,CH4,t} = E_{Biomass_Burn,CO2,t} * 12/44 * ER_{CH4} * 16/12 * GWP_{CH4} \quad (22)$$

Donde:

$E_{Biomass_Burn,CH4,t}$ = Emisión anual de CH₄ por quema de biomasa, en el año t , en t CO₂-e año⁻¹.

²⁸ IPCC AFOLU 2006. Capítulo 6: Tabla 6.2.

²⁹ IPCC GL LULUCF 1996. Tabla 4.14; IPCC GPG-LULUCF 2003 Ecuación 3.2.19. (La ecuación 20 se puede basar en estas fuentes).

$E_{Biomass_{Burn},CO_2,t}$	= Emisiones de CO ₂ por quema de biomasa por hectárea, en el año t , en t CO ₂ -e ha ⁻¹ .
ER_{CH_4}	= Factor de emisión del CH ₄ (valor por defecto de IPCC = 0.012), adimensional.
GWP_{CH_4}	= Potencial de calentamiento global del CH ₄ (con el valor de 21 para el primer período de cumplimiento), en t CO ₂ -e /t CH ₄ .
12/44	= Conversión de las emisiones de C a CO ₂ .
16/12	= Conversión de las emisiones de CH ₄ a C.
t	= Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

$$E_{Biomass_{Burn},CO_2,t} = F_{burnt} * C_{cp} * P_{Burned,cp} * CE_{cp} * A_i \quad (23)$$

Donde:

$E_{Biomass_{Burn},CO_2,t}$	= Emisiones de CO ₂ por quema de biomasa por hectárea, en el año t , en t CO ₂ -e ha ⁻¹ .
F_{burnt}	= Proporción del área quemada durante el periodo histórico de referencia en pastizales, en %.
C_{cp}	= Promedio de las existencias de carbono por hectárea en el reservorio de carbono cp quemado, en t CO ₂ -e ha ⁻¹ .
$P_{Burned,cp}$	= Proporción promedio de masa quemada en el reservorio de carbono cp , en t CO ₂ -e ha ⁻¹ .
CE_{cp}	= Promedio de la eficiencia de la combustión del reservorio de carbono cp , adimensional.
cp	= Reservorio de carbono (biomasa arriba).
A_i	= Área quemada en el estrato i , en ha.
i	= Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

Las eficiencias de la combustión (CE) pueden ser seleccionadas del IPCC³⁰. Si estos valores no son apropiados, se puede utilizar el valor por defecto de 0.5 del IPCC. La relación nitrógeno/carbono (N/C) es aproximadamente 0.01. Este es un valor general por defecto que se aplica a hojarasca, sin embargo, la utilización de valores menores serían más apropiados para combustibles con mayor contenido leñoso, lo cual, depende de la disponibilidad de datos. Los factores de emisión de las ecuaciones anteriores se presentan también en el IPCC.³¹

4.2.5.2.2 Estimación de GHG no CO₂ proveniente ganado

Para calcular las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) producidas por el ganado es necesario recopilar datos sobre la actividad del ganado que se lleva a cabo dentro del área del proyecto.

Las emisiones de GHG no CO₂ son estimadas de la siguiente manera:

$$E_{Livestock} = \sum_{t=1}^{t^*} [E_{fer_CH4,t} + E_{manure_CH4,t} + E_{manure_N2O,t}] \quad (24)$$

Donde:

$E_{Livestock}$ = Emisiones de GHG no CO₂ provenientes del ganado, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

$E_{fer_CH4,t}$ = Emisión anual de CH₄ por fermentación entérica del forraje consumido por el ganado, en el año t , en t CO₂-e año⁻¹.

$E_{manure_CH4,t}$ = Emisión anual de CH₄ por manejo de estiércol del forraje consumido por el ganado, en el año t , en t CO₂-e año⁻¹.

³⁰ IPCC GPG-LULUCF 2003. Tabla de 3.A.1.14.

³¹ IPCC GPG-LULUCF 2003. Tablas 3.A1.15 y 3.A1.16.

$E_{manure_N2O,t}$ = Emisión anual de N₂O por manejo de estiércol del forraje consumido por el ganado, en el año t , en t CO₂-e año⁻¹.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

Es posible estimar las emisiones como un promedio de cada grupo de ganado o sistemas de manejo de estiércol. Por tanto, se colectarán datos en encuestas acerca del tipo de ganado, población, superficie y sistema de manejo, los cuales serán recogidos y presentados en el PDD.

(1) Estimación de emisiones de CH₄ por fermentación entérica ($E_{Fer_CH_4,t}$)

La cantidad de metano (por fermentación entérica) emitida por una población de ganado es calculada multiplicando la tasa de emisión por animal por el número de animales. Para reflejar la variación en las tasas de emisión entre tipos de animales, la población de ganado es dividida en subgrupos, y se estima el factor de emisión por animal en cada subgrupo. Según el GPG del IPCC de 2000 y las guías para AFOLU del IPCC 2006, se utiliza la siguiente ecuación³²:

$$E_{fer_CH_4,t} = EF_1 * Population_t * 0.001 * GWP_{CH_4} \quad (25)$$

$$Population_t = Product_{forraje,t} / (DBI * 365) \quad (26)$$

$E_{fer_CH_4,t}$ = Emisión anual de CH₄ por fermentación entérica del forraje consumido por el ganado, en el año t , en t CO₂-e año⁻¹.

EF_1 = Factor de emisión de CH₄ por fermentación entérica por el grupo de ganado, en Kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹.

$Population_t$ = Equivalente al número de ganado alimentado por forraje en el año t , en cabezas.

$Product_{forraje,t}$ = Producción de forraje en el año t , en Kg d.m. ha⁻¹ año⁻¹.

DBI = Ingesta diaria de biomasa, en kg d.m. cabeza⁻¹ día⁻¹.

³² IPCC AFOLU 2006. Ecuaciones: 10.19 y 10.20 o en el GPG 2000 para Agricultura, ecuaciones: 4.12 y 4.13.

GWP_{CH_4}	= Potencial de calentamiento del CH_4 (con el valor de 21 para el primer período de cumplimiento), adimensional.
0.001	= Factor de conversión de kilogramos en toneladas, adimensional.
365	= Número de días por año, adimensional.
t	= Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

La producción de forraje se puede estimar mediante la recopilación de tasas de producción de literatura que representa las especies arbóreas y arbustivas, el clima, las condiciones del suelo y otras características de las áreas en las cuales el forraje será producido. También resultados de muestreo puede ser una buena opción.

Factores de emisión específicos de un país para las emisiones de CH_4 entéricas están documentados en publicaciones arbitrarias o pueden obtenerse de los inventarios nacionales de GHG³³. Al seleccionar los factores de emisión, es importante seleccionar aquellos de una región similar a la zona del proyecto. Las tablas que se encuentran en el anexo 10A.1 del GPG-LULUCF AFOLU del IPCC 2006 especifican características del animal como el peso, la tasa de crecimiento y la producción de leche que son utilizados para estimar los factores de emisión. Estas tablas deben ser consultadas con el fin de garantizar que condiciones locales similares. En particular, los datos sobre la producción promedio diaria de leche por ganado debería ser analizado cuando se selecciona un factor de emisión para el ganado lechero. Para estimar el factor de emisión, los datos en la tabla 10 A.1 interpolados pueden utilizar los datos locales sobre la producción promedio de leche.

Para datos sobre la ingesta diaria de biomasa se usa datos locales o datos que son aplicables a las condiciones locales de acuerdo a estudios revisados por la literatura o el inventario nacional de GHG. Cuando se selecciona un valor para la ingesta diaria de biomasa, se debe garantizar que los datos elegidos son aplicables tanto a los tipos de forraje que se produce como al el grupo de ganado.

³³ IPCC AFOLU 2006. Tabla 10.10 y 10.11.

(2) Estimación de las emisiones de CH₄ del manejo estiércol ($E_{manure_CH_4,t}$)³⁴

El almacenamiento y el tratamiento del estiércol en condiciones anaeróbicas produce CH₄. Estas condiciones ocurren fácilmente cuando un gran número de animales son manejados en un área confinada (por ejemplo, las granjas lecheras, carne de engorde de vacunos y porcinos, así como granjas de aves de corral), y donde el estiércol se elimina basado en sistemas de líquidos. Los principales factores que afectan las emisiones de CH₄ son la cantidad de estiércol producido y la porción de estiércol que se descompone anaeróbicamente. El primero depende de la tasa de producción de residuos por animal y el número de animales, y el último depende de la forma en que el estiércol es manejado.

Las emisiones de CH₄ por manejo de estiércol del ganado pueden estimarse utilizando la ecuación del IPCC³⁵

$$E_{manure_CH_4,t} = EF_2 * Population_t * 0.001 * GWP_{CH_4} \quad (27)$$

$E_{manure_CH_4,t}$ = Emisión anual de CH₄ por fermentación entérica del forraje consumido por el ganado, en el año t , en t CO₂-e año⁻¹.

EF_2 = Factor de emisión del CH₄ por manejo de estiércol por el grupo de ganado, en kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹.

$Population_t$ = Equivalente al número de ganado alimentado por forraje, en el año t , en cabezas.

GWP_{CH_4} = Potencial de calentamiento del CH₄ (con el valor de 21 para el primer período de cumplimiento), adimensional.

0.001 = Factor de conversión de kilogramos en toneladas, adimensional.

³⁴ El manejo del estiércol del ganado produce emisiones de metano y de óxido nitroso. El metano se produce mediante la descomposición anaeróbica del estiércol. Cuando el estiércol se dispone en sistemas que promueven las condiciones anaeróbicas (por ejemplo, en forma líquida en lagunas, tanques o fosas), la descomposición de la materia tiende a producir metano. Cuando el estiércol se maneja en forma sólida (por ejemplo, almacenamiento en pilas) o queda depositado sobre las pasturas y los campos naturales, tiende a descomponerse aeróbicamente y produce muy poco o nada de metano; la temperatura y la humedad influyen en el desarrollo de las bacterias responsables de su formación.

³⁵ IPCC AFOLU 2006. Ecuación: 10.22; IPCC GPG 2000 para Agricultura, ecuación: 4.15.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

La mejor estimación de las emisiones generalmente se obtiene utilizando factores de emisión específicos de cada país de publicaciones arbitrarias o en el inventario nacional de GHG.

Se recomienda que se usen factores de emisión específicos de cada país pueden para reflejar la duración real de almacenamiento y el tipo tratamiento de manejo de estiércol animal en el sistema de manejo utilizado. Si factores de emisión específicos de cada país no están disponibles, pueden utilizarse factores de emisión por defecto que se encuentran en el IPCC³⁶.

Estos factores de emisión representan una amplia gama de tipos de ganado y los sistemas de manejo asociados, por las prácticas de manejo regional y la temperatura. Cuando se selecciona un factor por defecto, se debe asegurar de revisar las tablas de ayuda del GPG-LULUCF del IPCC 2006, para la distribución de sistemas de manejo de estiércol y características de los residuos animales utilizados para estimar las emisiones. Se debe seleccionar un factor de emisión para una región que se ajuste estrechamente a las circunstancias del ganado alimentado con forraje en el área del proyecto.

(3) Estimación de emisiones de N₂O de manejo de estiércol ($E_{manure_N2O,t}$)³⁷

Las emisiones de óxido nitroso del manejo de estiércol varían significativamente entre el tipo de sistema de manejo utilizado, y también puede dar lugar a emisiones indirectas debidas a otras formas de pérdida de nitrógeno del sistema. Las emisiones de N₂O el manejo del estiércol pueden estimarse utilizando el método el método del IPCC³⁸

$$E_{manure_N2O,t} = E_{direct\ t_{manur\ e_{N2O,t}} + E_{Indirect\ t_{manur\ e_{N2O,t}}} \quad (28)$$

$$E_{direct\ t_{manure_N2O,t}} = Population_t * NEX * EF_3 \cdot 0.001 * 44/28 * GWP_{N2O} \quad (29)$$

³⁶ IPCC AFOLU 2006. Tabla 10.14;10.16.

³⁷ Las emisiones del óxido nitroso a partir del manejo del estiércol se forma como parte del ciclo del nitrógeno, a través de la denitrificación del nitrógeno orgánico presente en el estiércol y en la orina del ganado. La cantidad de óxido nitroso producido es variable, dependiendo de la composición del estiércol y la orina, del tipo de bacterias involucradas en el proceso y de la cantidad de oxígeno y líquido en el sistema de manejo. Las emisiones de óxido nitroso resultan del estiércol y la orina del ganado que se maneja en sistemas líquidos o que se recolecta y almacena en forma sólida.

³⁸ IPCC AFOLU 2006. Ecuaciones: 10.25 y 10.27; IPCC GPG 2000 para Agricultura, ecuación: 4.18.

$$E_{Indirec\ t_{manure\ N2O,t}} = Population_t * NEX * Frac_{gas} * EF_4 \cdot 0.001 * 44/28 * GWP_{N2O} \quad (30)$$

Donde:

$E_{manure\ N2O,t}$ = Emisión anual de N₂O por manejo de estiércol del forraje consumido por el ganado, en el año t , en t CO₂-e año⁻¹.

$E_{direc\ t_{manur\ eN2O,t}}$ = Emisiones directas de N₂O por manejo de estiércol del forraje consumido en pastoreo, en el año t , en t CO₂-e año⁻¹.

$E_{Indirec\ t_{manur\ eN2O,t}}$ = Emisiones indirectas de N₂O por manejo de estiércol del forraje consumido en pastoreo, en el año t , en t CO₂-e año⁻¹.

$Population_t$ = Equivalente al número de ganado alimentado por forraje en el año t , en cabezas.

NEX = Promedio anual de excreción por cabeza de ganado por forraje ingerido en pastoreo, en kg de N cabeza⁻¹ año⁻¹.

EF_3 = Factor de emisión de N₂O por manejo de estiércol por el grupo de ganado, en Kg N₂O-N (Kg N⁻¹).

EF_4 = Factor de emisión de N₂O por deposición atmosférica de fuentes de forraje nitrogenadas en superficies de suelo y agua, en Kg N₂O-N (Kg emitidos de NH₃-N y NO_x-N)⁻¹.

Nota: se recomienda el uso del factor por defecto 0.001.

$Frac_{gas}$ = Fracción manejada de nitrógeno del estiércol del ganado que se volatiliza como NH₃ y NO_x en la fase de manejo de estiércol, en kg emitidos de NH₃-N y NO_x-N (Kg N)⁻¹.

GWP_{N2O} = Potencial de calentamiento del N₂O (con el valor de 310 para el primer período de cumplimiento), adimensional.

44/28 = Conversión de las emisiones de N₂O-N a emisiones N₂O.

0.001 = Factor de conversión de kilogramos en toneladas, adimensional.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t^* , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

4.2.5.2.3 Estimación directa de emisiones de N_2O como resultado de la aplicación de nitrógeno en línea base (E_{fert_N2O})

Las emisiones de óxido nitroso por aplicación de nitrógeno (E_{fert_N2O}) se calculan utilizando la última versión de la herramienta metodológica: Estimación directa de las emisiones de óxido nitroso de fertilización nitrogenada “Tool for the estimation of direct nitrous oxide emission from nitrogen fertilization”³⁹. (Ver anexos).

4.2.5.2.4 Estimación de GHG por consumo de combustible fósil (E_{FC})

Las emisiones de GHG por consumo de combustible de fósil (E_{FC}) se estimará usando la última versión de la herramienta metodológica: Estimación de emisiones de GHG relacionados con la combustión de combustible de fósil en actividades de proyecto “Estimation of GHG emissions related to fossil fuel combustion in A/R CDM project activities”⁴⁰. (Ver anexos).

4.2.6 Remoción y emisión neta de GHG por sumideros en el escenario del proyecto

Las remociones en el escenario de proyecto provienen principalmente del incremento de las existencias de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo de árboles, arbustos y herbáceas y del carbono orgánico del suelo.

Las emisiones en el escenario de proyecto provienen principalmente del ganado, fertilizantes, quema de biomasa, quema de combustibles fósiles y pérdida de biomasa.

4.2.6.1 Remoción de GHG en el escenario del proyecto

Los gases efecto invernadero removidos por los sumideros representan la suma de los cambios verificables de las existencias de carbono en los reservorios de carbono dentro de los límites

³⁹ UNFCCC. Disponible en: http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/approved_ar.html.

⁴⁰ UNFCCC. Disponible en: http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/approved_ar.html.

del proyecto, medido en CO₂-e como resultado de la implementación de las actividades de proyecto. Se tendrán en cuenta para ello:

- Cambios en las existencias de carbono de la biomasa arriba del suelo en todos los estratos del escenario proyecto, ya que se espera aumenten significativamente las existencias de carbono en este reservorio.
- Cambios en las existencias de carbono en la biomasa debajo del suelo pueden ser o no tenidas en cuenta (reservorio opcional). Si son tenidas en cuenta, se utilizan las ecuaciones que se encuentran más adelante. En el caso de no ser tenidas en cuenta, serán asumidas conservadoramente como cero en todos los estratos del proyecto. Por tanto, la decisión de ser o no tenido en cuenta los cambios de las existencias de carbono de este reservorio depende de los proponentes del proyecto.
- Cambios en las existencias de carbono en el carbón orgánico del suelo pueden ser o no tenidas en cuenta (reservorio opcional). Si son tenidas en cuenta, se utilizan las ecuaciones que se encuentran más adelante. En el caso de no ser tomadas en cuenta serán asumidas conservadoramente como cero en todos los estratos del proyecto. Por tanto, la decisión de ser o no tenido en cuenta los cambios de las existencias de carbono de este reservorio depende de los proponentes del proyecto.

Por tanto:

$$\Delta C_p = \Delta C_{P_Tree} + \Delta C_{P_NonTree} + \Delta C_{P_SOC} \quad (31)$$

Donde:

ΔC_p = Remoción de GHG por sumideros en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

ΔC_{P_Tree} = Suma de los cambios de las existencias de carbono de la biomasa de árboles arriba y debajo del suelo en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

$\Delta C_{P_NonTree}$ = Suma de los cambios de las existencias de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo de vegetación no leñosa (arbustos y herbáceas) en el

escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

ΔC_{p_SOC} = Suma de los cambios de las existencias de carbono en el carbono orgánico del suelo en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

Nota: la ecuación 31 se utiliza para estimar la remoción de GHG en el escenario del proyecto durante el período de tiempo transcurrido entre inicio del proyecto ($t = 1$) y el año $t = t^*$, donde t^* es el año en el cual se estiman los gases GHG netos reales removidos y reducidos por sumideros y fuentes.

4.2.6.1.1 Cambios en las existencias de carbono de biomasa de árboles en el escenario de proyecto

Para el cálculo *ex ante* de los cambios en las existencias de carbono en el escenario de proyecto se realiza de la misma forma como se describió en la línea base.

La incorporación de árboles en el área de pastizales es una de las estrategias de revegetación, preferencialmente especies proveniente de zonas aledañas y adaptables a las condiciones del sitio.

Para el cálculo *ex post*, las existencias medias de carbono de biomasa arriba y debajo del suelo por unidad de área se estiman basadas en medidas de campo en parcelas de muestreo. Para ello, existen dos métodos disponibles: por medio de factores de expansión de biomasa (BEF) y ecuaciones alométricas.

Método 1: factores de expansión de biomasa (BEF)

Paso 1: Determinar con base en datos disponibles, por ejemplo, tablas de volumen (*ex ante*) y las mediciones (*ex post*), el diámetro a la altura del pecho (DBH, normalmente a 1.3 m sobre el nivel del suelo), y la altura total del árbol (H), de preferencia todos los árboles por encima de un mínimo de DBH preestablecido en las parcelas permanentes de muestreo.

Paso 2: Estimar el volumen comercial de árboles disponibles con base en ecuaciones o tablas de rendimiento (si hay disponibilidad de ecuaciones o tablas de rendimiento localmente no es relevante el uso de ecuaciones regionales, nacionales o datos por defecto según sea el caso).

Es posible combinar o modificar los pasos 1 y 2 si existen instrumentos de campo que midan el volumen de cada árbol directamente u otras variables (tal como área basal mediante prismas).

Paso 3: Seleccionar el BEF y la relación raíz-tallo (R). Si existe información disponible de BEF y R, ésta debe ser corregida para la edad. Opcionalmente, es posible utilizar un BEF que incluya la biomasa subterránea, en cuyo caso no será necesario R.

Paso 4: Convertir el volumen comercial de árboles a existencias de carbono en biomasa arriba del suelo a través de la densidad básica, el BEF y la fracción de carbono de la siguiente manera (o mediante la aplicación de un modelo alométrico, como más adelante se describe):

$$C_{AB_Tree\ l,j,i.sp.t} = V_{l,j,i.sp.t} * D_j * BEF_{3,j} * CF_j \quad (32)$$

Donde:

$C_{AB_Tree\ l,j,i.sp.t}$ = Existencias de carbono arriba del suelo de árboles l , de especie j , en la parcela sp , en el estrato i , en el año t , en t de C árbol⁻¹.

$V_{l,j,i.sp.t}$ = Volumen comercial o total según el BEF o modelo alométrico utilizado de árboles l , de la especie j , en la parcela sp , en el estrato i , en el año t , en m³ de árbol⁻¹.

D_j = Densidad básica de la madera de la especie j , en t d.m. m³.

$BEF_{3,j}$ = Factor de expansión para la conversión de biomasa comercial arriba del suelo de la especie j , t d.m. (t d.m.)⁻¹.

CF_j = Fracción de carbono de biomasa de la especie arborea j . (Valor por defecto del IPCC = 0.5 t de C t⁻¹ d.m.), en t C (t d.m.)⁻¹.

l = Subíndice de número de árboles en parcelas sp .

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_p en el escenario del proyecto.

j = Subíndice de especie 1, 2, 3, ... J en el escenario del proyecto.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

Paso 5: Convertir las existencias de carbono en biomasa arriba del suelo a existencias de carbono en biomasa debajo del suelo según la relación raíz- tallo:

$$C_{BB_Tree,l,j,i,sp,t} = C_{AB_Tree,l,j,i,sp,t} * R_j \quad (33)$$

Donde:

$C_{BB_Tree,l,j,i,sp,t}$ = Existencias de carbono de la biomasa debajo del suelo de árboles l , de la especie j , en parcelas sp , en el estrato i , en el año t , en t de C de árbol⁻¹.

$C_{AB_Tree,l,j,i,sp,t}$ = Existencias de carbono en biomasa arriba del suelo de árboles l , de la especie j , en parcelas sp , en el estrato i , en el año t , en t de C de árbol⁻¹.

R_j = Relación apropiada de raíz – tallo para las existencias de biomasa de la especie j , t d.m. (t d.m.)⁻¹.

l = Subíndice de número de árboles en parcelas sp .

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_p en el escenario del proyecto.

j = Subíndice de especie 1, 2, 3, ... J en el escenario del proyecto.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

Paso 6: Calcular las existencias de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo de todos los árboles presentes en la parcela sp , en el estrato i , en el tiempo t (es decir, la suma de todos los árboles l de la especie j , más la suma de todas la especies j presentes en la parcela sp).

$$C_{-Tree,i,sp,t} = \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^{N_{j,i,sp,t}} (C_{AB_Tree,l,j,i,sp,t} + C_{BB_Tree,l,j,i,sp,t}) \quad (34)$$

Donde:

- $C_{Tree,i,sp,t}$ = Existencia de carbono en árboles de parcelas sp del estrato i en el año t , en t de C.
- $C_{AB_Tree,l,j,i,sp,t}$ = Existencia de carbono de la biomasa arriba del suelo de árboles l , de la especie j , en parcelas sp , en el estrato i en el año t , en t C de árbol⁻¹.
- $C_{BB_Tree,l,j,i,sp,t}$ = Existencia de carbono de la biomasa debajo del suelo de árboles l , de la especie j , en parcelas sp , en el estrato i , en el año t , en t C de árbol⁻¹.
- $N_{j,i,sp,t}$ = Número de árboles de especie j en parcela sp , del estrato i , en el año t .
- l = Subíndice de número de árboles en parcelas sp .
- i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_P en el escenario del proyecto.
- j = Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario del proyecto.
- t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

Paso 7: Calcular la media de las existencias de carbono en biomasa de árboles para cada estrato:

$$\Delta C_{P_Tree} = C_{Tree,t^*} - C_{Tree,t0} \quad (35)$$

Donde:

- ΔC_{P_Tree} = Suma de los cambios de las existencias de carbono de la biomasa de árboles arriba y debajo del suelo en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.
- $C_{Tree,t}$ = Existencia de carbono de árboles en el escenario del proyecto en el año t , en t de C.

Nota: (t^* es el año en el cual se estiman los gases GHG netos reales removidos y reducidos por fuentes y sumideros, t_0 es el año de inicio de la actividades de proyecto).

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

$$C_{Tree,t} = \sum_{i=1}^{Mp} C_{Tree,i,t} \quad (36)$$

$$C_{Tree,i,t} = \frac{A_i}{ASP_i} \sum_{sp=1}^{pi} C_{Tree,i,sp,t} \quad (37)$$

Donde:

$C_{P_Tree,t}$ = Existencia de carbono de árboles en el escenario del proyecto en el año t , en t de C.

$C_{P_Tree,i,t}$ = Existencia de carbono de árboles en el escenario del proyecto en el estrato i , en el año t , en t C.

$C_{P_Tree,i,sp,t}$ = Existencia de carbono de árboles de la parcela sp , en el estrato i , el año t , en t C.

A_i = Área del estrato i , en ha.

ASP_i = Área total de parcela muestreada en el estrato i , en el año t , en t de C.

sp = Subíndice 1, 2, 3, ... Pi de parcela muestreada en el estrato i , en el escenario del proyecto.

i = Estratos 1, 2, 3, ... Mp en el escenario de proyecto.

t = Años 1, 2, 3, ... t , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

Método 2: Alométrico

Paso 1: Es igual que en el paso 1 del método de BEF.

Paso 2: Seleccionar o desarrollar ecuaciones alométricas (si es posible de las especies de interés o sino en su defecto, de especies similares).

Paso 3: Estimar las existencias de carbono en biomasa arriba del suelo por cada árbol individual l de la especie j en la parcela sp muestreada localizada en el estrato i usando la ecuación alométrica seleccionada o desarrollada aplicada a las dimensiones resultantes del árbol en el paso 1 y la suma de existencias de carbono en la parcela muestreada.

$$C_{AB_Tree,l,j,i,sp,t} = \sum_{l=1}^{N_{j,sp,i,t}} f_j(DBH, H) * CF_j \quad (38)$$

Donde:

$C_{AB_Tree,l,j,i,sp,t}$ = Existencias de carbono de la biomasa arriba del suelo de árboles l , de la especie j , en parcelas muestreadas sp del estrato i , en el año t , en t de C de árbol⁻¹.

$f_j(DBH, H)$ = Ecuación alométrica de la especie j vinculada al diámetro a la altura de pecho base (DBH), posiblemente a la altura (H), para biomasa arriba del suelo de árboles vivos, en t d.m. árbol⁻¹.

CF_j = Fracción de carbono de materia seca de la especie j , en t C (t d.m.)⁻¹.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_P en el escenario de proyecto.

j = Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario de proyecto.

l = Subíndice de número de árboles individuales de especie j en la parcela de muestra sp .

$N_{j,i,sp,t}$ = Número de árboles de la especie j en parcela sp , del estrato i , en el año t .

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

Paso 4: Convertir las existencias de carbono en biomasa arriba del suelo a existencias de carbono en biomasa debajo del suelo según la relación raíz- tallo:

$$C_{BB_Tree,l,j,i,sp,t} = C_{AB_Tree,l,j,i,sp,t} * R_j \quad (39)$$

Donde:

$C_{BB_Tree,l,j,i,sp,t}$ = Existencia de carbono de la biomasa debajo del suelo de árboles l de la especie j en parcelas sp en el estrato i en el año t , en t de C de árbol⁻¹.

$C_{AB_Tree,l,j,i,sp,t}$ = Existencias de carbono en biomasa arriba del suelo del árbol l de la especie j , en parcelas sp , en el estrato i , en el año t , en t de C de árbol⁻¹.

R_j = Relación apropiada de raíz-tallo para la existencia de biomasa, para la especie j , en t d.m. (t d.m.)⁻¹.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_p en el escenario de proyecto.

j = Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario de proyecto.

l = Subíndice de número de árboles individuales de especie j en la parcela de muestra sp .

sp = Subíndice 1, 2, 3, ... P_i de parcela muestreada en el estrato i , en el escenario del proyecto.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

Paso 5: Calcular las existencias de carbono total en biomasa de todos los árboles presentes en la parcela de muestreo sp , en el estrato i , en el año t .

$$C_{Tree,i,sp,t} = \sum_{j=1}^{Sps} (C_{AB-Tree,l,j,i,sp,t} + C_{BB-Tree,l,j,i,sp,t}) \quad (40)$$

Donde:

$C_{Tree,i,sp,t}$ = Existencia de carbono de árboles de la parcela sp del estrato i en el año t , en t de C.

$C_{AB-Tree,l,j,i,sp,t}$ = Existencia de carbono de la biomasa arriba del suelo de árboles l de la especie j en parcelas sp en el estrato i en el año t , en t C de árbol⁻¹.

$C_{BB-Tree,l,j,i,sp,t}$ = Existencia de carbono en biomasa debajo del suelo del árbol l de especie j en parcelas sp en el estrato i en el año t , en t C de árbol⁻¹.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_p en el escenario del proyecto.

j = Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario del proyecto.

t = Subíndice de años 1, 2, 3, ... t , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.

Paso 6: Es igual que en el paso 7 del método de BEF.

4.2.6.1.2 Cambios en las existencias de carbono en biomasa de arbustos arriba y debajo del suelo en el escenario del proyecto

Los cambios en las existencias de carbono de la biomasa de arbustos $\Delta_{CShrub_AG/BG,i,t}$, pueden estimarse mediante ecuaciones alométricas tal como se expuso en el punto 4.2.5.1.2.1 en línea base, siendo aconsejable el uso ecuaciones alométricas de las especies a implementar dentro de las actividades de proyecto o en su defecto de especies similares.

4.2.6.1.3 Cambios en las existencias de carbono en biomasa de herbáceas arriba y debajo del suelo en el escenario del proyecto

La estimación de cambios en la biomasa arriba y debajo del suelo de vegetación herbácea *ex ante*, puede estimarse de la misma forma que se expresó en el punto 4.2.5.1.2.2.

Además, la estimación de biomasa de vegetación no leñosa herbáceas *ex post* puede llevarse a cabo mediante la técnica destructiva, usando de un marco cuadrado de 30 cm x 30 cm que se

deja sobre la superficie del suelo, el material en el interior del marco se corta a nivel del suelo y se pesa, como también la parte subterránea, la cual, se excava y posteriormente se mezclan y se pesan las muestras aéreas y subterráneas para analizar el contenido de materia seca de vegetación no leñosa de herbáceas.

En cada muestra por parcela, las existencias de biomasa seca por unidad de área se calculan de la siguiente manera:

$$\Delta C_{P_NonTree} = C_{P_NonTree, t^*} - C_{P_NonTree, t_0} \quad (41)$$

Donde:

$\Delta C_{P_NonTree}$ = Suma de los cambios de las existencias de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo de vegetación no leñosa (arbustos y herbáceas) en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

$C_{P_NonTree, t}$ = Existencia de carbono de vegetación no leñosa (arbustos y herbáceas) en el escenario del proyecto, en el año t , en t de C.

Nota: (t^* es el año en el cual se estiman los gases GHG netos reales removidos y reducidos por fuentes y sumideros, t_0 es el año de inicio de la actividades de proyecto).

$$C_{P_NonTree, t} = \sum_{i=1}^{Mp} (B_{AB, i, t} + B_{BB, i, t}) * CF_j \quad (42)$$

$$B_{AB, i, t} = 10M_{d/w} B_{AB, i, t} / (A_{i, t} n_{i, t}) \quad (43)$$

Donde:

$C_{P_NonTree, t}$ = Existencia de carbono de vegetación no leñosa (arbustos y herbáceas) en el escenario del proyecto, en el año t , en t de C.

$B_{AB,i,t}$	= Biomasa húmeda arriba del suelo de vegetación no leñosa (arbustos y herbáceas), existente común para todas las subparcelas en una muestra de una parcela, en el estrato i , en el año t , en t d.m. ha ⁻¹ .
$B_{BB,i,t}$	= Biomasa húmeda debajo del suelo de la vegetación no leñosa herbácea existente común para todas las subparcelas en una muestra de una parcela, en t d.m. ha ⁻¹ .
$A_{i,t}$	= Área de una subparcela, en el estrato i , en el año t , en m ² .
CF_j	= Fracción de carbono de materia seca por la especie j , no leñosas (arbustos y herbáceas), en t C (t d.m.) ⁻¹ .
$M_{d/w}$	= Promedio de la relación de peso seco-húmedo de la biomasa existente en las sub-muestras, en kg kg ⁻¹ .
$n_{i,t}$	= Número de subparcelas en una muestra de cada parcela, del estrato i , en el año t , número de parcelas.
10	= Factor de conversión: kg m ² a t ha ⁻¹ , adimensional.

Para calcular la biomasa de vegetación herbácea debajo del suelo se hace de la siguiente manera:

- Se debe recoger al menos dos cilindros de suelo de diámetro conocido de cada sub-parcela usada para determinar biomasa aérea, a la base de la zona de enraizamiento normalmente de por lo menos 10 cm de diámetro y 30 cm de profundidad. Todas las áreas núcleo deben tener las mismas dimensiones, y debe ser insertadas verticalmente. Las áreas núcleo deben ser rechazadas, si al inspeccionar el área removida muestra intrusión lateral de raíces de arbustos o árboles.
- Separar las raíces de la tierra por técnicas de lavado, preservando las raíces de la muestra de la parcela. La biomasa subterránea (por ejemplo, estolones, rizomas y tubérculos) debe mantenerse durante este proceso y considerarse parte de la muestra.

- Pesar la biomasa preservada justo antes de tomar al menos 3 mezclas de sub-muestras, registrando el peso húmedo de cada una de las sub-muestras, y el peso seco después del secado a 70 ° C. Calcular el promedio de la relación de peso seco – húmedo.
- Para cada muestra de parcela de las existencias de biomasa seca debajo del suelo por unidad de área se calcula de la siguiente manera:

$$B_{BB,i,t} = 10M_{d/w}B_{BB,i,t} / (A_{i,t}n_{i,t}) \quad (44)$$

Donde:

$B_{BB,i,t}$ = Biomasa húmeda debajo del suelo de la vegetación no leñosa herbácea existente común para todas las subparcelas en una muestra de una parcela, en t d.m. ha⁻¹.

$M_{d/w}$ = Promedio de peso de la relación seca - húmeda de la biomasa existente en las sub-muestras, en kg kg⁻¹.

$A_{i,t}$ = Área de una subparcela, en el estrato i , en el año t , en m².

$n_{i,t}$ = Número de subparcelas en una muestra de cada parcela, del estrato i en el año t , número de parcelas.

10 = Factor de conversión: kg m² a t ha⁻¹, adimensional.

4.2.6.1.4 Carbono orgánico en el suelo (SOC) en el escenario del proyecto

En la estimación *ex ante*, pueden ser o no descartados los cambios en las existencias de carbono orgánico. En el caso de no ser tenidos en cuenta, se utiliza un enfoque conservador, ya que sus existencias de carbono aumentarán o no decrecerán en presencia de las actividades de proyecto. Por otra parte, si se tienen en cuenta los cambios en las existencias de carbono de este reservorio, se toma de referencia el carbono orgánico del suelo que existía antes de iniciar las actividades del proyecto y se calcula la diferencia.

Para el cálculo *ex post*, la profundidad de las muestras puede variar entre parcelas, pero es recomendado a 30 cm de profundidad. Las muestras de suelo de cada parcela serán mezcladas, tomándose una muestra compuesta para el análisis.

$$\Delta C_{P_SOC} = \Delta C_{P_SOC,i,pt} \quad (45)$$

Donde:

ΔC_{P_SOC} = Suma de los cambios de las existencias de carbono en el carbono orgánico del suelo en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

$\Delta C_{P_SOC,i,p,t}$ = Cambio neto anual en las existencias de carbono en el carbono orgánico del suelo en el escenario del proyecto, en la parcela p en el estrato i , entre los período de monitoreo $t1$ y $t2$, en t C ha⁻¹ año⁻¹.

Método 1 (existencias de carbono en el reservorio de carbono orgánico del suelo)

$$\Delta C_{P_SOC,i,p,t} = C_{SOC,i,p,t2} - C_{SOC,i,p,t1} / T \quad (46)$$

Donde:

$\Delta C_{P_SOC,i,p,t}$ = Cambio neto anual en las existencias de carbono en el carbono orgánico del suelo en el escenario del proyecto, en la parcela p en el estrato i , entre los período de monitoreo $t1$ y $t2$, en t C ha⁻¹ año⁻¹.

$C_{SOC,i,p,t2}$ = Existencia de carbono del reservorio de carbono orgánico en el suelo de la parcela p , en el estrato i , en el año $t = t2$, en t C ha⁻¹.

$C_{SOC,i,p,t1}$ = Existencia de carbono del reservorio de carbono orgánico en el suelo de la parcela p , en el estrato i , en el año $t = t1$, en t C ha⁻¹.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_p en el escenario del proyecto.

p = Subíndice de muestras de parcelas 1, 2, 3, ... P_i en el estrato i del escenario de proyecto.

T = Número de años 1, 2, 3, ... t , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto, Período de cambio de los factores, en años.

La masa de carbono por unidad de volumen es calculada multiplicando la concentración de carbono ($CSOC_{sample,i,p,t}$) y la densidad aparente (g/cm³). La densidad aparente es igual al peso seco del suelo dividido por el volumen después de descontar el volumen de la fracción > de 2 mm.

$$C_{SOC,i,p,t} = C_{SOC_sample,i,p,t} * BD_{i,p,t} * Depth_{i,p,t} * FC_{i,p,t} * M \quad (47)$$

Donde:

$C_{SOC,i,p,t}$ = Existencia de carbono en el reservorio de carbono orgánico de suelo en la parcela p , en el estrato i , en el año t , en t C ha⁻¹.

$C_{SOC_sample,i,p,t}$ = Existencia de carbono orgánico de suelo de la muestra en la parcela p , en el estrato i , en el año t , en g C/100 g de suelo.

$BD_{i,p,t}$ = Densidad aparente (masa del suelo/ volumen de la muestra) de la parcela p , en el estrato i , en el año t , t m⁻³.

$Depth_{i,p,t}$ = Profundidad del suelo en la cual la muestra es colectada para la parcela p , en el estrato i , en m.

$FC_{i,p,t}$ = 1- (% volumen de fragmentos/100) para ajustar la fracción de la muestra ocupada por los fragmentos > a 2 mm en la parcela p , en el estrato i , en el año t , adimensional.

M = Multiplicador para convertir las unidades en t C ha⁻¹, 10000 m² ha⁻¹.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_p en el escenario del proyecto.

p = Subíndice de muestras de parcelas 1, 2, 3, ... P_i en el estrato i del escenario de proyecto.

T = Índice de años 1, 2, 3, ... t , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto, Período de cambio de los factores, en años.

Método 2 (carbono orgánico del suelo en sistemas de manejo de un área específica)

El IPCC proporciona valores por defecto para cada factor enunciado⁴¹ (ver anexos Tablas), pero pueden ser utilizados valores desarrollados en regiones específicas para reducir la incertidumbre o sesgos que pueden ocurrir cuando se utilizan dicho valores por defecto.

Los cambios en las existencias son estimadas usando la siguiente ecuación:

⁴¹ IPCC AFOLU 2006. Tablas 2.3 y 6.2; IPCC GPG-LULUCF 2003 Tablas 3.3.3 y 3.3.4.

$$\Delta C_p_SOC = \sum_{i=1}^{M_p} (SOC_{i,t2} - SOC_{i,t1}) / T \quad (48)$$

Donde:

ΔSOC = Cambio en la existencia en el carbono orgánico del suelo en dos puntos en el año t^* , en $t\ C\ ha^{-1}\ año^{-1}$.

$SOC_{i,t2}$ = Existencia de carbono en el carbono orgánico del suelo en el estrato i , en el año $t = t2$ (final), en $t\ C\ ha^{-1}$.

$SOC_{i,t1}$ = Existencia de carbono en el carbono orgánico del suelo en el estrato i , en el año $t = t1$ (inicial), en $t\ C\ ha^{-1}$.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_p en el escenario del proyecto.

T = Índice de años 1, 2, 3, ... t , transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto, Período de cambio de los factores, en años.

Para estimarse las existencias de carbono en el carbono orgánico del suelo (SOC), se utiliza la siguiente ecuación:

$$SOC = RC * F_{Lu} * F_{MG} * F_I \quad (49)$$

Donde:

SOC = Existencias de carbono orgánico del suelo para un área específica.

RC = Existencia de carbono de referencia en condiciones nativas en un estrato i , (valor por defecto IPCC).

F_{Lu} = Factor de uso de la tierra, (valor por defecto IPCC).

F_{MG} = Factor de manejo de la tierra (referido como el factor de manejo en los sistemas), (valor por defecto IPCC).

F_I = Factor de entrada, (valor por defecto IPCC).

Según el IPCC, T es usado como valor por defecto = 20, pero este puede cambiar si se estiman nuevos valores de factores en un período diferente de tiempo.

4.2.6.2 Estimación de emisiones GHG por fuentes dentro de los límites del proyecto

Las actividades de proyecto que pueden generar emisiones de GHG, en particular el CO₂, CH₄ y N₂O, son las siguientes:

- Emisiones por quema de biomasa.
- Emisiones debidas a animales rumiantes (ganado): sistema de digestión (N₂O y CH₄) y manejo de estiércol (CH₄).
- Fertilización nitrogenada (N₂O).
- Quema de combustibles fósiles derivados de la preparación del sitio, cosechas, entre otros.

$$E_P = E_{Biomass_Burn} + E_{Livestock} + E_{fert_N2O} + E_{FC} \quad (50)$$

Donde:

E_P = Emisiones de GHG generadas por la implementación de actividades de proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

$E_{Biomass_Burn}$ = Emisiones de GHG no CO₂ por quema de biomasa en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

$E_{Livestock}$ = Emisiones de GHG no CO₂ provenientes del ganado en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

E_{fert_N2O} = Emisiones de óxido nitroso por aplicación de fertilizantes nitrogenados en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

E_{FC} = Emisiones de CO₂ de combustión de combustible fósil, en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

Nota: la ecuación 50, se utiliza para estimar el aumento en las emisiones de GHG para el período de tiempo transcurrido entre el inicio del proyecto ($t = 1$) y el año $t = t^*$, donde t^* es el año en el cual son estimados los GHG netos reales removidos por los sumideros. Los resultados de los cálculos de las emisiones en el escenario del proyecto son presentados en la siguiente tabla:

Tabla 8. Emisiones de GHG por fuentes en el escenario del proyecto

Año proyecto	$E_{Biomass_burn}$ (Emisiones por quema de biomasa)		$E_{Livestock}$ (Emisiones provenientes del ganado)						$E_{BN20,fert}$ (emisiones por Fertilización)		E_{FC} (Quema de combustible fósil)		Total		
	Emisiones de GHG no CO2		Emisiones de CH4 por fermentación entérica		Emisiones de CH4 por manejo de estiércol		Emisiones de N2O por manejo de estiércol		Emisiones de N2O		Emisiones de CO2				
	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e	t CO ₂ -e año ⁻¹	t CO ₂ -e	
	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual
1															
2															
...															
t*															
Total															

4.2.6.2.1 Estimación de emisiones de GHG no CO₂ por quema de biomasa de vegetación existente

Para estimar las emisiones por quema de biomasa en el escenario de proyecto, se realizará de la misma manera que se expuso en el punto 4.2.5.2.1.

4.2.6.2.2 Estimación de GHG no CO₂ del ganado

Para estimar las emisiones en el escenario de proyecto por fermentación entérica y manejo de estiércol provenientes del manejo del ganado, se realizará de la misma manera que se expuso en el punto 4.2.5.2.2.

Se seleccionará el sistema de manejo de estiércol más preciso en el área del proyecto para estimar las emisiones de GHG no CO₂. Para ello, se deben coleccionar datos en encuestas acerca del tipo de ganado, población, superficie y sistema de manejo, los cuales serán recogidos y presentados en el PDD.

4.2.6.2.3 Estimación directa de emisiones de N₂O como resultado de la aplicación de nitrógeno dentro de los límites del proyecto (E_{fert_N2O})

Como se expuso en el punto 4.2.5.2.3 las emisiones de óxido nitroso por aplicación de nitrógeno (E_{fert_N2O}) se calculan utilizando la última versión de la herramienta metodológica: Estimación directa de las emisiones de óxido nitroso de fertilización nitrogenada “Tool for the estimation of direct nitrous oxide emission from nitrogen fertilization”⁴².

4.2.6.2.4 Estimación de emisiones GHG por quema de combustibles fósiles (E_{FC})

Las emisiones de GHG por quema de combustibles fósiles podrían resultar de la utilización de las máquinas durante la preparación del sitio o cosecha.

Para la estimación de emisiones por quema de combustibles (E_{FC}), como se expuso en el punto 4.2.5.2.4, esta metodología utiliza última versión de la herramienta metodológica: Estimación de emisiones de GHG relacionada con la combustión de combustible fósil en actividades de proyecto A/R del CDM: “Estimation of GHG emissions related to fossil fuel combustion in A/R CDM project activities”⁴³. (Ver anexos)

4.2.7 Fugas

Las fugas (LK) representan un aumento en las emisiones de gases efecto invernadero por las fuentes que se produce fuera de los límites de las actividades de proyecto pero que es medible y atribuible a las actividades de proyecto.

Existen dos fuentes de fuga regulada por la presente metodología:

⁴² UNFCCC. Disponible en: http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/approved_ar.html.

⁴³ UNFCCC. Disponible en: http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/approved_ar.html.

- Incremento en las emisiones de GHG por uso de combustibles fósiles fuera del área del proyecto debidas a este. Es decir, se consideran sólo las emisiones adicionales a la línea base.
- Incremento en las emisiones de GHG debido al desplazamiento de actividades de pastoreo. Considerándose sólo las emisiones adicionales a la línea base.

$$LK = LK_{Fossil_fuel} + LK_{Displacement_grazing} \quad (51)$$

Donde:

LK = Emisiones de GHG producidas por fugas, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

LK_{Fossil_fuel} = Fugas de GHG producidas por el uso de combustibles fósiles fuera del área del proyecto que son debidas a este, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

$LK_{Displacement_grazing}$ = Fugas de GHG producidas por desplazamiento de actividades de pastoreo fuera del área del proyecto debidas a este, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

Las emisiones de GHG por consumo de combustible de fósil se estimarán usando la última versión de la herramienta metodológica: Estimación de emisiones de GHG relacionados con la combustión de combustible de fósil en actividades de proyecto A/R: “Estimation of GHG emissions related to fossil fuel combustion in A/R CDM project activities”⁴⁴. (Ver anexos).

Las emisiones de GHG por desplazamiento de actividades por pastoreo se estimarán usando la última versión de la herramienta metodológica: Estimación de GHG relacionados al desplazamiento de actividades de pastoreo en actividades de proyecto A/R: “Estimation of GHG emissions related to displacement of grazing activities in A/R CDM project activity”⁴⁵. (Ver anexos).

⁴⁴ UNFCCC. Disponible en: http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/approved_ar.html.

⁴⁵ UNFCCC. Disponible en: http://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/approved_ar.html.

4.2.8 Reducciones y remociones netas antropógenas ex ante de GHG por sumideros

La remoción y reducción de GHG antropógenas netas por sumideros es igual a la suma de la remoción de GHG reales netos por sumideros en escenario de proyecto más los gases efecto invernadero removidos por los sumideros en línea base, menos la suma de las emisiones de GHG producidas en el escenario del proyecto y en línea base, menos las fugas. Por lo tanto, la siguiente fórmula general se puede utilizar para calcular los GHG antropógenas netas removidos y reducidos por los sumideros de una actividad de proyecto, en t CO₂-e:

$$RRE = (\Delta C_P - E_P) - (\Delta C_{BSL} - E_{BSL}) - LK \quad (52)$$

Donde:

RRE = Remoción y reducción de GHG antropógenas netas por sumideros y fuentes, en t CO₂-e.

ΔC_P = Remoción de GHG por sumideros en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

ΔC_{BSL} = Remoción de GHG por sumideros en línea base, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

E_P = Emisiones de GHG generadas por la implementación de actividades de proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

E_{BSL} = Emisión de GHG en el escenario de línea base, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

LK = Emisiones de GHG producidas por fugas, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* , en t CO₂-e.

Nota: la ecuación 52 se utiliza para estimar la remoción y reducción antropógena neta de GHG por los sumideros y las fuentes durante el período de tiempo transcurrido entre el inicio del proyecto ($t = 1$) y el año $t = t^*$, t^* es el año en el que se calculan la remoción y reducción real neta de GHG por sumideros y fuentes.

Esto se hace debido a las emisiones del proyecto y las fugas son permanentes, lo que requiere el cálculo de sus valores acumulativos desde la fecha de inicio de las actividades de proyecto.

Los resultados de las remociones y reducciones de GHG son presentados en la siguiente tabla:

Tabla 9. Remoción y reducción ex ante de GHG netos antropogénicas

Año proyecto	ΔC_{ACTUAL} (Remoción de GHG en Proyecto)		ΔC_{BSL} (Remoción de GHG en línea base)		E_P (Emisiones de GHG del proyecto)		E_{BSL} (Emisiones de GHG en línea base)		LK (Fugas de GHG)		RRE (Remoción y reducción de GHG netos)	
	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
	CO _{2-e}	CO _{2-e}	CO _{2-e}	CO _{2-e}	CO _{2-e}	CO _{2-e}	CO _{2-e}	CO _{2-e}	CO _{2-e}	CO _{2-e}	CO _{2-e}	CO _{2-e}
	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum	Anual	Acum
1												
2												
...												
t^*												
Total												

4.2.9 Créditos de reserva (Búfer)

El búfer es un enfoque adoptado por el VCS para abordar la no permanencia (riesgo de re-emisión del CO₂ removido). El proyecto debe mantener una reserva (búfer) adecuada de créditos de carbono voluntario (VCU)⁴⁶ no comerciables para cubrir potenciales pérdidas de carbono.

Por lo anterior, los proponentes deben realizar una evaluación inicial de riesgo y determinar la reserva de créditos apropiada. Esta evaluación se basa en una evaluación del potencial de

⁴⁶ Los VCU son permanentes y no deben reemplazarse posteriormente. Los créditos de reserva de todos los proyectos se concentran en una cuenta única del VCS. Dependiendo de la duración del proyecto y del precio de carbono en el tiempo. A un proyecto de medio riesgo la reserva le costaría entre el 3% y el 15% de los beneficios de carbono empezando con reservas iniciales de 20% - 30%. La cantidad de créditos de reserva de un proyecto se determina con base en una evaluación del potencial de pérdida de carbono en el futuro.

pérdidas de carbono en el futuro. Para ello, se realiza un análisis de riesgos (ver anexos: Tabla 1) y se determina el porcentaje de riesgos de cada uno.

4.3 Descripción de la metodología de monitoreo

La metodología de monitoreo permite realizar el cálculo de las remociones y reducciones netas del proyecto con base en datos reales. Esta debe ser implementada desde el inicio de las actividades de proyecto e incluye los siguientes componentes:

- Límites de proyecto
- Implementación
- Diseño de muestreo
- Cambios en la existencias de carbono en los reservorios
- Emisiones de GHG por actividades de proyecto y fugas
- Remoción y reducción de GHG antropógenas netas
- Reserva (*Búfer*)
- Control de calidad e Incertidumbres

Esta metodología no contempla el monitoreo de la línea base. La remoción y emisión neta de GHG en línea base se asume constante por adopción del enfoque 22 (a) relacionado a la metodología línea base, por ello, no es monitoreada en esta metodología, siendo su estimación *ex ante* “congelada” durante el período de acreditación completo. Sin embargo, si los participantes del proyecto eligen un período de acreditación renovable, los datos necesarios para renovar la línea base, incluida la remoción y emisión neta de GHG por sumideros y fuentes durante el período de acreditación, serán recogidos y archivados a fin de determinar si el enfoque y el escenario de línea base siguen siendo válidos o tiene que ser actualizados. Algunas razones para su actualización pueden incluir:

- Políticas nacionales, locales y sectoriales que pueden influir en el uso de la tierra en ausencia de las actividades de proyecto propuestas.
- Procesos técnicos que pueden cambiar el enfoque y el escenario de línea base.

- Condiciones climáticas y otros factores ambientales que pueden cambiar y alterar la sucesión y los procesos de perturbación o la composición de las especies, resultando, por ejemplo, en mejores condiciones climáticas que aumenten la productividad de los sistemas de pastizales.
- Cambios significativos de políticas, situación social y económica, haciendo que el enfoque y escenario de línea base no sea razonable.

Por tanto, se debe desarrollar un plan de monitoreo que contemple:

- Descripción técnica de los componentes de monitoreo;
- Datos que deben ser colectados;
- Descripción del proceso de colecta de datos;
- Calidad y control de los procesos;
- Organización y archivo de datos;
- Organización y responsabilidades de las partes involucradas en todo lo anterior.

4.3.1 Monitoreo de los límites de proyecto

Se debe registrar la ubicación geográfica de los límites del proyecto, para todas las áreas de tierra, contemplando coordenadas geográficas de dichos límites (y cualquier estratificación dentro de los límites), los cuales, serán establecidos, registrados y archivados. Esto se puede lograr con base en información del terreno, mediante GPS o utilizando datos espaciales geo-referenciados (mapas, información geográfica, fotografía aérea, entre otros).

Se debe reportar cualquier cambio que ocurra en la implementación del proyecto en cualquiera de las áreas discretas que forman parte del mismo.

4.3.2 Monitoreo de la implementación del proyecto

Como parte del monitoreo de la implementación del proyecto se realizarán las siguientes actividades:

- Descripción de la fecha y geo-referenciación si es necesario, de todas las medidas implementadas por las actividades del proyecto.
- Registro de todas de las prácticas de manejo mejoradas (especies herbáceas, arbustivas

y arbóreas y fuentes de emisión) implementadas.

- Recopilación de todos los datos pertinentes para estimar los cambios en las existencias de de carbono por sumideros y la reducción de emisiones por fuentes, debido a la implementación de prácticas de manejo mejoradas.

4.3.3 Monitoreo de cambios en las existencias de carbono en los reservorios

Los cambios en las existencias de carbono en los reservorios de biomasa arriba y debajo del suelo (herbáceas, arbusto y árboles) y carbono orgánico en el suelo son **estimados** *ex ante* y deben ser **monitoreados** *ex post*.

El monitoreo de los cambios en las existencias de carbono en los reservorios se realizará mediante técnicas de muestreo, cuyas características se detallan a continuación.

4.3.3.1 Diseño de muestreo

4.3.3.1.1 Monitoreo de la estratificación ex post

La metodología de monitoreo propuesta estratifica el área del proyecto con base en la vegetación existente (herbáceas, arbustos y árboles) en cada sistema (silvopastoriles, bancos forrajeros, cercas vivas, entre otros), las prácticas de manejo mejoradas en pastizales, variables agroecológicas, entre otras, con ayuda de mapas de uso y cobertura de tierra, imágenes satelitales, mapas de suelo, GPS e investigaciones de campo. La estratificación (*ex ante* y *ex post*) debe estar contemplada en el PDD.

La estratificación del área del proyecto en unidades relativamente homogéneas puede aumentar la precisión de medición sin aumentar los costos, o reducir los costos sin reducir la precisión de medición para que haya menos variación dentro de cada unidad homogénea.

El número y los límites de los estratos o sistemas definidos *ex ante* utilizando la metodología descrita en el punto 4.2.3, puede cambiar durante el período de acreditación. Por esta razón, los estratos deben ser monitoreados periódicamente. Si ocurre un cambio en el número y el área de los estratos del proyecto, el marco de muestreo debe ajustado. Las razones por las cuales se debe realizar la estratificación *ex post* pueden ser:

- Perturbaciones inesperadas que ocurren durante el período de acreditación (por ejemplo, debido a incendios, plagas o brotes de enfermedades), afectando de una u otra forma las diferentes partes de un estrato originalmente homogéneo.
- Las prácticas de manejo en pastizales (limpieza, siembra, ramoneo, pastoreo, fertilización, resiembra, entre otras) pueden ser aplicadas en diferentes intensidades, fechas y ubicaciones espaciales a las previstas originalmente en el PDD;
- Áreas de pastizales elegibles definidas en el PDD pero que no estaban bajo el control de los participantes del proyecto al inicio de las actividades del proyecto y que pueden estar bajo el control de los participantes del proyecto.
- Dos estratos diferentes puede ser similares, por tanto ser necesaria su fusión en uno solo.

Esta posible estratificación *ex post* debe ser evaluada en cada evento de monitoreo y los cambios en los estratos deberán ser reportados al VCS para su verificación.

El monitoreo de los límites de los estratos se llevará a cabo mediante un Sistema de Información Geográfica (GIS), que permita integrar datos de diferentes fuentes (incluyendo coordenadas GPS y datos de sensores remotos). El Monitoreo de los límites de los estratos es fundamental para un transparente y verificable monitoreo de variables como el área A , estrato i , del modelo productivo k , y tiempo t , es muy importante para un cálculo exacto y preciso de la remoción y reducción de GHG por los sumideros y por fuentes.

4.3.3.2 Marco de muestreo

El marco de muestreo incluye el tamaño de la muestra, así como el tamaño, forma, ubicación y duración de las parcelas y la frecuencia de muestreo, los cuales deben ser especificados en el PDD.

4.3.3.2.1 Tamaño de la muestra

El número de parcelas de muestreo se calcula por separado para suelos, pastos, arbustos y árboles dispersos y plantaciones lineales (que no cumplan con la definición de bosque), ya que cada componente presenta una varianza diferente.

El tamaño de las muestras en cada estrato depende de nivel de precisión, el área del proyecto y la desviación estándar de cada reservorio de carbono. La varianza de cada estrato y área del estrato serán consideradas en la determinación del tamaño de muestra. Al aumentar el tamaño de la muestra mejora las estimaciones alrededor de la media. El tamaño de las muestras (n), puede calcularse según el criterio de Neyman de niveles fijos de costos, precisión y número de parcelas en cada estrato/sub-estrato, los cuales pueden ser calculados utilizando la siguiente ecuación:

$$n = \left(\frac{t_{\frac{\alpha}{2}}}{A} \right)^2 \sum_{i=1}^{N_I} W_i s_i \sqrt{C_i} \sum_{i=1}^{N_S} W_i s_i \sqrt{C_i} \quad (53)$$

Donde:

- n = Tamaño de muestra (número de parcelas requeridas para monitoreo).
- $\frac{t_{\alpha}}{2}$ = Valor estadístico t student $\alpha= 0.05$ (implica un nivel del 95% de confianza).
- A = Error en la media.
- N_I = Número de unidades potenciales de muestreo (parcelas) en el estrato i .
- N_S = Número total de estratos definidos.
- N = Número total de unidades de muestra potenciales.
- s_i = Desviación estándar en el estrato i .
- C_i = Costo de selección de una parcela en el estrato i .
- W_i = N_i/N_S .

n_i es el número de muestras que serán localizadas en el estrato i .

$$n_M = n * P_i \quad y \quad P_i = (W_i s_i / \sqrt{C_i}) / (\sum_{i=1}^{N_S} W_i s_i / \sqrt{C_i}) \quad (54)$$

El error permitido es un valor por parcela estimado como $\pm 10\%$ de la media de las existencias de carbono en la biomasa por parcela. El tamaño de la muestra puede cambiar en el futuro, si se observan cambios en la varianza de las existencias o en los costos de establecimiento o medición de las parcelas.

4.3.3.2.2 Forma y tamaño de las parcelas de muestreo

Para el muestreo de la biomasa de **herbáceas** se utilizarán parcelas circulares o cuadradas, con un área mínima de 1 m^2 . Los datos se expresarán en hectárea como se explica en la siguiente ecuación:

$$C_{Biomass_Herb} = \sum_{i=1}^{M_{herb}} \sum_{p=1}^P \frac{C_{Biomass_p,i} * 10.000}{A_{p,i} P_i} * A_i \quad (55)$$

Donde:

$C_{Biomass_Herb}$ = Carbono presente en la biomasa herbácea en el área de proyecto, en t C ha^{-1} .

$C_{Biomass_p,i}$ = Carbono presente en la biomasa herbácea en la parcela p , en el estrato i , en t C ha^{-1} .

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3... M de biomasa herbácea presente.

M_{herb} = Número total de estratos de biomasa herbácea presente.

P_i = Número total de parcelas de biomasa herbácea presente.

p = Subíndice de parcela 1, 2, 3 ... P presentes.

A_i = Área total del estrato i , en ha.

$A_{p,i}$ = Área de la parcela p , en el estrato i (mínimo 1 m^2).

10.000 = Factor de conversión de m^2 a hectárea.

Para el muestreo de **arbustos** se utilizarán parcelas circulares o cuadradas, con un área entre 20 y 50 m², según la densidad o cobertura de arbustos presentes. La uniformidad de los datos se expresará en hectárea como se explica en la siguiente ecuación:

$$C_{Biomass_Shrub} = \sum_{i=1}^{M_{Shrub}} \sum_{p=1}^P \frac{C_{Biomass_p,i} * 10.000}{A_{p,i} P_i} * A_i \quad (56)$$

Donde:

$C_{Biomass_Shrub}$ = Carbono presente en la biomasa de arbustos en el área del proyecto, en t C ha⁻¹.

$C_{Biomass_p,i}$ = Carbono presente en la biomasa de arbustos en la parcela p , en el estrato i .

M_{Shrub} = Número total de estratos presentes para biomasa arbustiva.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3... M presentes.

P_i = Número total de parcelas presentes de biomasa arbustiva.

p = Subíndice de parcela 1, 2, 3 ... P presentes.

A_i = Área total del estrato i , en ha.

$A_{p,i}$ = Área de la parcela p , en el estrato i (50-200 m²).

10.000 = Factor de conversión de m² a hectárea.

Para el muestreo del **suelo** se recorre y se delimita el terreno en superficies más o menos homogéneas, luego, se colectan a lo largo del mismo submuestras al azar (en zig-zag, diagonal, cuadrícula, entre otros). El número de submuestras es variable, se recomienda entre 15 y 20 pero el ideal es entre 30 y 40. Se remueven plantas y hojarasca fresca (1-3 cm) y se excava a una profundidad de 30 cm para tomar la muestra. Posteriormente se colectan y mezclan todas las submuestras y se obtiene una muestra compuesta de 1 kg, que representa un terreno homogéneo y finalmente se envía la muestra al laboratorio para su análisis.

Para las **plantaciones lineales** (cercas vivas, bancos de proteínas, fajas de enriquecimiento, cortinas rompevientos, entre otros), se utilizarán parcelas rectangulares con un ancho de faja equivalente al diámetro de copa de árbol adulto y con una longitud que garantice un mínimo de 12 árboles en la parcela. Los datos se expresarán en hectárea como se explica en la siguiente ecuación:

$$C_{Biomass_Lineal\ Tree} = \sum_{i=1}^{M_{LTree}} \sum_{p=1}^P \frac{C_{Biomass_p,i} * 10.000}{\frac{A_{pi}}{P_i}} * A_i \quad (57)$$

Donde:

$C_{Biomass_Lineal\ Tree}$ = Carbono presente en la biomasa de árboles lineales en el área de proyecto, en t de C ha⁻¹.

$C_{Biomass_p,i}$ = Carbono presente en la biomasa de árboles lineales en la parcela p , en el estrato i .

M_{LTree} = Número total de estratos de biomasa de árboles lineales presente.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3... M presentes.

P_i = Número total de parcelas presentes de biomasa de árboles lineales.

p = Subíndice de parcela 1, 2, 3 ... P presentes.

A_i = Área total del estrato i , en ha.

A_{pi} = Área de la parcela p , en el estrato i (igual al ancho de franja * longitud de franja (12 árboles)).

10.000 = Factor de conversión de m² a hectárea.

Para árboles dispersos se hará un censo o muestreo clásico según la densidad de árboles. En el caso del muestreo, las parcelas serán circulares o cuadradas con un área mínima que garantice la existencia de 12 árboles en la parcela y los cálculos se harán de la siguiente forma:

$$C_{Biomass_Disperse\ Tree} = \sum_{i=1}^{M_{DTree}} \sum_{p=1}^P C_{Biomass_p,i} \quad (58)$$

Donde:

$C_{Biomass_Disperse\ Tree}$ = Carbono presente en la biomasa de árboles dispersos en el área de proyecto, en t de C.

$C_{Biomass_p,i}$ = Carbono presente en la biomasa de árboles dispersos en la parcela p , en el estrato i .

M_{DTree} = Número total de estratos presentes de biomasa arbustiva dispersa presente.

i = Subíndice de estratos 1, 2, 3... M presentes en la biomasa de árboles dispersos.

P_i = Número total de parcelas presentes de biomasa de árboles lineales.

p = Subíndice de parcela 1, 2, 3 ... P presentes.

Es importante aclarar que el muestreo de los pastos se realiza de manera independiente al de los árboles y arbustos.

El tamaño de la parcela influye en la intensidad del muestreo, el tiempo y los recursos invertidos en las mediciones de campo. Al incrementar el área de la parcela, disminuye la variabilidad entre dos muestras. Según Freese⁴⁷, la relación entre el coeficiente de variación y el área de parcela puede ser denotada como se expone:

$$CV_1^2 = CV_2^2 \sqrt{(\alpha_1/\alpha_2)} \quad (59)$$

Donde α_1 y α_2 representan diferentes áreas de parcelas de muestreo y sus correspondientes coeficientes de variación (CV). Por tanto, al aumentar el área de la parcela de muestreo, la

⁴⁷ Freese, F. 1962. Elementary forest sampling. USDA Handbook 232. GPO Washington, D.C. 91 p.

variación entre parcelas puede ser reducida permitiendo el uso de muestras de menor tamaño con el mismo nivel de precisión.

4.3.3.2.3 Ubicación de la parcela

Para evitar la selección subjetiva del sitio de la parcela (centro de la parcela, puntos de referencia de la parcela, movimiento de los centros de las parcelas a posiciones más "convenientes"), las parcelas de muestreo serán ubicadas al inicio sistemáticamente al azar, lo que según el IPCC GPG-LULUCF, es considerado como una buena práctica. La planificación para la ubicación de las parcelas se puede lograr en campo con ayuda de un GPS. La posición geográfica (coordenadas de GPS), la ubicación administrativa, estratos, número de serie de cada parcela debe ser registrada y archivada.

Para su búsqueda, las parcelas serán localizadas con GPS para garantizar la medición y el monitoreo coherente en el tiempo.

Además, hay que asegurarse que las parcelas de muestreo son distribuidas uniformemente. Por ejemplo, si un estrato se compone de tres sitios separados geográficamente, entonces se propone lo siguiente:

- Dividir el área total del estrato por el resultado en el número de parcelas en el área promedio que representa cada parcela.
- Dividir el área de cada sitio por el área promedio de cada parcela, y asignar la parte entera del resultado a este sitio. Por ejemplo, si la división resulta en 6.3 parcelas, 6 parcelas se asignan a un sitio y el excedente = 0.3 parcelas son prorrogadas al siguiente sitio, y así sucesivamente.

4.3.3.2.4 Duración de las parcelas

Se utilizarán parcelas temporales o permanentes de muestreo y censo, para medir y monitorear en el tiempo cambios en las existencias de carbono. Las parcelas temporales serán utilizadas para pastos, arbustos y suelo por separado y permanentes para plantaciones lineales o para árboles dispersos con alta densidad. Los árboles dispersos de baja densidad serán cuantificados por censo y por lo tanto no se usan parcelas.

Las parcelas permanentes sólo pueden ser utilizadas cuando no hay muestreos destructivos. Si se usan, se debe asegurar que las parcelas son tratadas de la misma manera que otras tierras dentro de los límites del proyecto y no deben ser destruidas en el intervalo de monitoreo. Idealmente, el personal involucrado no debería saber la ubicación de las parcelas de monitoreo y los marcadores locales usados, no deben ser visibles.

4.3.3.2.5 Frecuencia del muestreo

El intervalo del muestreo depende de la variabilidad en las existencias de carbono de los reservorios y la tasa de acumulación de carbono, es decir, la tasa de crecimiento de las herbáceas, arbustos y árboles o las variaciones de las existencias del carbono orgánico del suelo. Sin embargo, el monitoreo para la cuantificación de existencias de carbono en los reservorios, solo tiene sentido si es utilizado para una verificación. Desde este punto de vista, el monitoreo de la biomasa solo debe realizarse previo a un evento de verificación, y en el caso del suelo, cada 20 años, para poder detectar diferencias significativas en existencias.

La fecha de la primera verificación podrá ser escogida por el desarrollador de proyecto. El período entre verificaciones podrá también ser definido por el desarrollador del proyecto, entre 1 y 10 años. Este período debe ser un divisor entero de la duración total del proyecto menos la edad de la primera verificación (es decir, si un proyecto tiene una duración total de 20 años y se escoge la primera verificación a los 4 años, no se podrían definir verificaciones cada 7 años, pues ocurrirían a los 11 y 18 años, quedando dos años restantes), y una vez escogido no podrá ser modificado.

Los participantes del proyecto pueden determinar la primera verificación, teniendo en cuenta la tasa de crecimiento de herbáceas, arbustos y árboles, y las necesidades financieras de la actividad de proyecto y la mayor cantidad de GHG netos removidos y reducidos por sumideros y fuentes.

4.3.4 Monitoreo de emisiones de GHG por actividades del proyecto y fugas

Todas las emisiones de GHGs por actividades de proyecto o fugas que sean significativas según la herramienta para la significancia de las emisiones en actividades de proyecto A/R CDM aprobada por la Junta Directiva del CDM deben ser monitoreadas continuamente desde

el inicio de la implementación del proyecto y a lo largo de toda la duración del mismo. Estas emisiones deben estar identificadas en el PDD y podrían incluir:

- Emisiones por quemas o incendios
- Emisiones por fertilización
- Emisiones por eliminación de biomasa arbórea preexistente.

En el caso de las fugas, también podrían ocurrir:

- Desplazamiento de actividades ganaderas
- Quema de combustibles fósiles (siempre y cuando sea significativa).

El monitoreo de estas emisiones, si existen y son significativas, se realizará siguiendo el enfoque metodológico de las correspondientes herramientas A/R CDM aprobadas por la Junta Directiva del CDM.

4.3.5 Monitoreo de la remoción y reducción de GHG antropógenas neta ex post

Los cálculos *ex post* de la remoción y reducción de emisión neta de GHG por los sumideros y las fuentes, se basa en datos obtenidos de muestras de parcelas y los métodos desarrollados en IPCC GPG-LULUCF para estimar cambios en las existencias de carbono en los reservorios de carbono y las emisiones del proyecto debido a prácticas de manejo mejoradas en pastizales. El monitoreo de las estimaciones de remoción y reducción de GHG en pastizales se realizará de la misma forma como se expuso *ex ante* en el punto 4.2.8.

4.3.6 Monitoreo de la reserva (búfer)

La zona de reserva (búfer) de acuerdo con la evaluación inicial de riesgos y determinación de los créditos de reserva, debe ser monitoreada al final del periodo de acreditación. Las verificaciones de las reservas (Búfer) subsiguientes al periodo de acreditación son opcionales; no obstante, cada verificación reduce el número de créditos en la reserva, lo cual constituye un incentivo para que el proponente realice verificaciones continuamente. Si el riesgo de un

proyecto se mantiene igual de una verificación a la siguiente, su reserva de créditos se reduce un 15% (en períodos de cinco años) y estos créditos pueden comercializarse. Si el riesgo se incrementa, la reserva no se reduce.

4.3.7 Control de calidad y asegurar la calidad

El Control de Calidad (QC) es un sistema de actividades técnicas rutinarias para medir y controlar la calidad del inventario que está siendo desarrollado. El sistema está diseñado para:

- Suministrar pruebas rutinarias y coherentes que garanticen la integridad, la exactitud y la exhaustividad de los datos;
- Identificar y resolver errores y omisiones;
- Documentar y archivar el material de los inventarios y registrar todas las actividades de control y calidad.

Las actividades de QC incluyen métodos generales tales como el control de la precisión en la adquisición de datos y los cálculos, el uso de procedimientos estandarizados aprobados para los cálculos de emisiones, mediciones, estimación de las incertidumbres, el archivo de información y presentación de informes. Las actividades de mayor control de calidad incluyen la revisión de las categorías de las fuentes o los sumideros, datos de la actividad y del factor de emisión y los métodos.

Actividades para Asegurar la Calidad (QA), incluyen un sistema planificado de la revisión de los procedimientos, llevado a cabo por personal que no está directamente involucrado en la recopilación del inventario y los procesos de desarrollo. Revisiones, preferencialmente por terceros, deben ser realizadas al final del inventario siguiendo la implementación de procedimientos de QC. Los revisores verifican que la calidad de los datos se cumplió objetivamente, asegurando que el inventario representa la mejor estimación posible de las emisiones y sumideros, teniendo en cuenta los conocimientos científicos y datos disponibles, y apoyados en la eficacia del programa de QC.

Para garantizar que la remoción y la reducción de GHG antropógena neta por los sumideros y las fuentes serán medidos y monitoreados con precisión, credibilidad, verificabilidad y

transparencia, se debe realizar un procedimiento para Garantizar la Calidad y el Control de Calidad (QA / QC), que incluye:

- La colección confiable de mediciones de campo;
- La verificación de métodos utilizados para coleccionar datos de campo;
- Verificación de datos de entrada y técnicas de análisis;
- Mantenimiento de datos y archivo.

Si después de implementar el plan de QA/QC se comprueba que el nivel de precisión no se cumple, entonces son necesarias mediciones adicionales sobre el terreno hasta lograr el nivel de precisión.

4.3.8 Incertidumbres

El porcentaje de incertidumbre sobre la estimación de ciertos parámetros y datos (valores de tablas de campo, factores de expansión de biomasa, densidad de la madera, fracción de carbono y otros parámetros biofísicos) pueden ser evaluadas a partir de la desviación estándar de la muestra de valores medidos, utilizando la mitad de la amplitud del intervalo de confianza al 95%, dividida por el valor estimado.

$$U_s(\%) = \frac{1/2(\text{Amplitud del intervalo de confianza al 95\%})}{\mu} * 100 \quad (60)$$

$$U_s(\%) = \frac{1/2(4\sigma)}{\mu} * 100$$

Donde:

$U_s(\%)$ = Porcentaje de incertidumbre sobre la estimación del valor del parámetro de la media, %.

μ = Valor de la media de la muestra del parámetro.

σ = Desviación estándar de la muestra del parámetro.

Si los parámetros por defecto son utilizados, la incertidumbre será mayor que si se utilizan parámetros medidos localmente, y sólo puede ser aproximadamente estimados con la opinión de expertos.

El porcentaje de incertidumbre sobre cantidades que son el producto de varios términos, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$U_s = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2} \quad (61)$$

Donde:

U_s = Porcentaje de incertidumbre del producto (las emisiones por las fuentes o las remociones por los sumideros).

U_i = Porcentaje de incertidumbre asociadas con cada término del producto (parámetros y datos de actividad), $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

El porcentaje de incertidumbre sobre las cantidades que son la suma o diferencia de varios términos pueden ser estimados utilizando la siguiente ecuación de propagación de error simple:

$$U_C = \frac{\sqrt{(U_{s1} * C_{s1})^2 + (U_{s2} * C_{s2})^2 + \dots + (U_{sn} * C_{sn})^2}}{|C_{s1} + C_{s2} + \dots + C_{sn}|} \quad (62)$$

U_C = Porcentaje combinado de incertidumbre.

U_{si} = Porcentaje de incertidumbre en cada término de la suma o diferencia.

C_{si} = Valor de la media de cada término de la suma o diferencia.

Esta metodología puede reducir las incertidumbres a través de:

- la adecuada estratificación de la zona del proyecto en estratos relativamente homogéneos;
- Establecer valores de BEFs y la relación raíz-tallo.

4.4 Lista de variables utilizadas en las ecuaciones

Variable	Unidad	Descripción	Ecuación
A	adimensional	Error en la media.	53.
$A_{BSL,i}$	ha	Área del estrato i en línea base.	4, 9, 11.
A_i	ha	Área del estrato i .	23, 37, 55, 56, 57.
$A_{i,t}$	m^2	Área de una subparcela, en el estrato i , en el año t .	43, 44.
$A_{p,i}$	ha	Área de la parcela p , en el estrato i (mínimo $1m^2$ para herbáceas); (entre 50 -200 m^2 para arbustos); (para plantaciones lineales: ancho de franja * longitud de franja (12 árboles)).	55, 56, 57.
ASP_i	t de C	Área total de parcela muestreada en el estrato i , en el año t .	37.
$A_{Srhub,i,j}$	ha	Área del estrato i y la especie de arbusto j .	15, 17.
α	adimensional	Intercepto.	16.
$B_{AB,i,t}$	t d.m. ha^{-1}	Biomasa húmeda arriba del suelo de vegetación no leñosa (arbustos y herbáceas), existente común para todas las subparcelas en una muestra de una parcela, en el estrato i , en el año t .	42, 43.
$B_{AG,i,j}$	t d.m. ha^{-1}	Biomasa arriba del suelo de árboles del estrato i , especie j .	19.
$B_{BB,i,t}$	t d.m. ha^{-1}	Biomasa húmeda debajo del suelo de la vegetación no leñosa herbácea existente común para todas las subparcelas en una muestra de una parcela.	42, 44.
$B_{BG,i,j}$	t d.m. ha^{-1}	Biomasa debajo del suelo de árboles del estrato i , especie j .	19.
$BD_{i,p,t}$	$t m^{-3}$	Densidad aparente (masa del suelo/ volumen de la muestra) de la parcela p , en el estrato i , en el año t .	47.
$BEF_{1,j}$	t d.m. (t d.m.) $^{-1}$	Factor de expansión de biomasa para la conversión del incremento anual neto (incluida la corteza) en la biomasa del tallo al incremento total de biomasa arriba del suelo del árbol por especie j .	6.
$BEF_{2,j}$	t d.m. (t d.m.) $^{-1}$	Factor de expansión de biomasa para la conversión de biomasa de tallos a biomasa de árboles arriba del suelo por especie j .	9.
$BEF_{3,j}$	t d.m. (t d.m.) $^{-1}$	Factor de expansión para la conversión de biomasa comercial arriba del suelo de la especie j .	32

Variable	Unidad	Descripción	Ecuación
$B_{Srhub_AG,i,j,t}$	t d.m. ha ⁻¹	Biomasa de vegetación no leñosa de perennes arriba del suelo de la especie j , en el estrato i , (categoría de edad de árboles).	15, 16.
β	adimensional	Parámetro de regresión.	16.
$C_{AB_Tree,j,i,t}$	t de C	Existencias de carbono de la biomasa de árboles arriba del suelo de la especie j , en el estrato i , en el tiempo t .	8, 9, 11.
$C_{AB_Tree,l,j,i,sp,t}$	t C de árbol ⁻¹	Existencia de carbono de la biomasa arriba del suelo de árboles l de la especie j en parcelas sp en el estrato i en el año t .	32, 33, 34, 38, 39, 40.
$C_{BB_Tree,j,i,t}$	t de C	Existencias de carbono de la biomasa de árboles debajo del suelo de la especie j , en el estrato i , en el año t .	8, 10.
$C_{BB_Tree,l,j,i,sp,t}$	t de C de árbol ⁻¹	Existencias de carbono de la biomasa debajo del suelo de árboles l , de la especie j , en parcelas sp , en el estrato i , en el año t .	33, 34, 39, 40.
$C_{Biomass_Disperse\ Tree}$	t de C	Carbono presente en la biomasa de árboles dispersos en el área de proyecto.	58.
$C_{Biomass_Herb}$	t de C ha ⁻¹	Carbono presente en la biomasa de herbáceas en el área del proyecto.	55.
$C_{Biomass_Lineal\ Tree}$	t de C ha ⁻¹	Carbono presente en la biomasa de árboles lineales en el área del proyecto.	57.
$C_{Biomass\ s_p,i}$	t de C ha ⁻¹	Carbono presente en la biomasa (herbácea, arbustiva, árboles lineales) en la parcela p en el estrato i .	55, 56, 57, 58.
$C_{Biomass_Shrub}$	t de C ha ⁻¹	Carbono presente en la biomasa de arbustos en el área del proyecto.	56.
C_{cp}	t CO ₂ -e ha ⁻¹	Promedio de las existencias de carbono por hectárea en el reservorio de carbono cp quemado.	23.
CE_{cp}	adimensional	Promedio de la eficiencia de la combustión del reservorio de carbono cp .	23.
CF_h	t C (t d.m.) ⁻¹	Fracción de carbono de materia seca por la especie h no leñosas (arbustos y herbáceas).	45.
CF_j	t C (t d.m.) ⁻¹	Fracción de carbono de materia seca por especie j .	4, 9, 11, 32, 37, 38, 42.
CF_s	t C (t d.m.) ⁻¹	Fracción de carbono para arbustos (valor por defecto 0.5).	15, 17.
C_i	número	Costo de selección de una parcela en el estrato i .	51.
$C_{j,i,t1}$	t de C	Existencia de carbono total en biomasa viva de árboles de la especie j , en el estrato i ,	7.

Variable	Unidad	Descripción	Ecuación
		calculados en el tiempo $t1$.	
$C_{j,i,t2}$	t de C	Existencia de carbono total en biomasa viva de árboles de la especie j , en el estrato i , calculados en el tiempo $t2$.	7.
CP	adimensional	Reservorio de carbono (biomasa arriba del suelo)	23.
$C_{P_NonTree,t}$	t de C	Existencia de carbono de vegetación no leñosa (arbustos y herbáceas) en el escenario del proyecto, en el estrato i , en el año t .	41, 42.
C_{si}	número	Valor de la media de cada término de la suma o diferencia.	62.
$C_{SOC,i,p,t}$	t C ha ⁻¹	Existencia de carbono en el reservorio de carbono orgánico de suelo en la parcela p , en el estrato i , en el año t .	47.
$C_{SOC,i,p,t1}$	t C ha ⁻¹	Existencia de carbono del reservorio de carbono orgánico en el suelo de la parcela p en el estrato i , en el año $t = t1$.	46.
$C_{SOC,i,p,t2}$	t C ha ⁻¹	Existencia de carbono del reservorio de carbono orgánico en el suelo de la parcela p en el estrato i , en el año $t = t2$.	46.
$C_{SOC_sample,i,p,t}$	g C/100 g de suelo	Existencia de carbono orgánico de suelo de la muestra en la parcela p , en el estrato i , en el año t .	47.
$C_{Shrub_{AG},ij,t}$	t de C	Existencia de carbono en la biomasa de vegetación no leñosa de arbustos arriba del suelo en el estrato i , especie j , en el año t .	15, 17.
$C_{Shrub_{AG},i,j(t)}$	t de C	Existencia de carbono en biomasa de vegetación no leñosa arriba del suelo de arbustos de la especie j , en el estrato i , en el año t (t = un año dado).	14.
$C_{Shrub_{AG},i,j(t-1)}$	t de C	Existencia de carbono en biomasa de vegetación no leñosa arriba del suelo de arbustos de la especie j , en el estrato i , en el año $t-1$.	14.
$C_{Tree,i,t}$	t de C	Existencia de carbono de árboles en el estrato i , en el año t .	36, 37.
$C_{Tree,i,sp,t}$	t de C	Existencia de carbono de árboles de la parcela sp del estrato i en el año t .	34, 37, 40.
$C_{Tree,t}$	t de C	Existencia de carbono de árboles en el escenario del proyecto en el año t .	35, 36.
DBI	kg d.m. cabeza ⁻¹ día ⁻¹	Ingesta diaria de biomasa.	26.
$Depth_{i,p,t}$	m	Profundidad del suelo en la cual la muestra es	47.

Variable	Unidad	Descripción	Ecuación
		colectada para la parcela p , en el estrato i .	
$D_{i,j}^2$	cm	Suma de todos los diámetros al cuadrado de la planta perenne leñosa en el estrato i , especie j (categoría de edad de árboles).	16.
D_j	t d.m. m ³	Densidad básica de la madera de especie j .	6, 9, 32.
$\Delta C_{BiomassLoss_i,t}$	t C año ⁻¹	Disminución anual de carbono en biomasa de árboles arriba y debajo del suelo debido a la pérdida de biomasa en el estrato i , en el año t .	3.
ΔC_{BSL}	t CO ₂ -e	Remoción de GHG por sumideros en línea base, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	1, 52.
$\Delta C_{BSL_Herb,i,t}$	t C año ⁻¹	Cambio neto anual en las existencias de carbono de la biomasa de herbáceas arriba y abajo del suelo en la línea base en estrato i , en el año t .	12.
$\Delta C_{BSL_NonTree}$	t CO ₂ -e	Suma de los cambios de las existencias de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo de vegetación no leñosa (arbustos y herbáceas) en línea base, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	1, 12.
ΔC_{BSL_Tree}	t CO ₂ -e	Suma de los cambios de las existencias de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo de árboles en línea base, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	1, 2.
$\Delta C_{BSL_Tree,i,t}$	t C año ⁻¹	Cambio neto anual de las existencias de carbono de la biomasa arriba y debajo del suelo de árboles en línea base, en el estrato i , en el año t .	2, 3, 7.
$\Delta C_{BSL_Shrub_AG,i,t}$	t C año ⁻¹	Cambio neto anual en las existencias de carbono de la biomasa de arbustos arriba del suelo en la línea base en estrato i , en el año t .	13, 14, 18.
$\Delta C_{BSL_Shrub_BG,i,t}$	t C año ⁻¹	Cambio neto anual en las existencias de carbono de la biomasa de arbustos debajo del suelo en la línea base en estrato i , en el año t .	13, 18.
$\Delta C_{BSL_Shrub,i,t}$	t C año ⁻¹	Cambio neto anual en las existencias de carbono de la biomasa de arbustos arriba y abajo del suelo en la línea base en estrato i , en el año t .	12, 13.
$\Delta C_{Growt_h,i,t}$	t C año ⁻¹	Incremento anual de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo debido al crecimiento de árboles vivos en el estrato i , en el año t .	3,4.
ΔC_p	t CO ₂ -e	Remoción de GHG por sumideros en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	31, 52.

Variable	Unidad	Descripción	Ecuación
$\Delta C_{P_NonTree}$	t CO ₂ -e	Suma de los cambios de las existencias de carbono en biomasa arriba y debajo del suelo de vegetación no leñosa (arbustos y herbáceas) en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	31, 41.
ΔC_{P_Tree}	t CO ₂ -e	Suma de los cambios de las existencias de carbono de la biomasa de árboles arriba y debajo del suelo de árboles en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	31, 35.
ΔC_{P_SOC}	t CO ₂ -e	Suma de los cambios de las existencias de carbono en el carbono orgánico del suelo en el escenario del proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	31, 45.
ΔSOC	t C ha ⁻¹ año ⁻¹	Cambio en la existencia en el carbono orgánico del suelo en dos puntos en el año t^* .	48.
$\Delta C_{P_SOC,i,p,t}$	t C ha ⁻¹ año ⁻¹	Cambio neto anual en las existencias de carbono en el carbono orgánico del suelo en la parcela p en el estrato i , entre los período de monitoreo $t1$ y $t2$.	45, 46.
$E_{Biomass_Burn}$	t CO ₂ -e	Emisión de GHG no CO ₂ por quema de biomasa, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	19, 50
$E_{Biomass_Burn}$	t CO ₂ -e	Emisiones de GHG no CO ₂ por quema de biomasa, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	20, 21, 50.
$E_{Biomass_Burn,CH_4,t}$	t CO ₂ -e	Emisión anual de CH ₄ por quema de biomasa, en el año t .	21, 22.
$E_{Biomass_Burn,CO_2,t}$	t CO ₂ -e ha ⁻¹	Emisiones de CO ₂ por quema de biomasa por hectárea, en el año t .	22, 23.
E_{BSL}	t CO ₂ -e	Emisión de GHG en el escenario de línea base, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	20, 52.
$E_{Directmanure_N_2O}$	t CO ₂ -e año ⁻¹	Emisiones directas de N ₂ O por manejo de estiércol por forraje consumido en pastoreo, en el año t .	28, 29.
E_{Fc}	t CO ₂ -e	Emisiones de CO ₂ por combustión de combustible fósil, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	20, 50.
EF_1	kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹	Factor de emisión de CH ₄ por fermentación entérica por el grupo de ganado.	25.
EF_2	kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹	Factor de emisión de CH ₄ por manejo de estiércol por el grupo de ganado.	27.
EF_3	kg N ₂ O-N (Kg N ⁻¹)	Factor de emisión de N ₂ O por manejo de	29.

Variable	Unidad	Descripción	Ecuación
	cabeza ⁻¹ año ⁻¹	estiércol por el grupo de ganado.	
EF_4	Kg N ₂ O-N (Kg emitidos de NH ₃ -N y NO _x -N) ⁻¹ cabeza ⁻¹ año ⁻¹	Factor de emisión de N ₂ O por deposición atmosférica de fuentes de forraje nitrogenadas en superficies de suelo y agua.	30.
$E_{fer_CH4,t}$	t CO ₂ -e año ⁻¹	Emisión anual de CH ₄ por fermentación entérica del forraje ingerido por el ganado, en el año t .	24, 25.
E_{fert_N2O}	t CO ₂ -e	Emisiones de N ₂ O por aplicación de fertilizantes nitrogenados, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	20, 50, 52.
$E_{Indirect\ t_{manure}\ N2O}$	t CO ₂ -e ha ⁻¹ año ⁻¹	Emisiones indirectas de N ₂ O por manejo de estiércol por forraje consumido en pastoreo, en el año t .	28, 30.
$E_{Livestock}$	t CO ₂ -e	Emisiones de GHG no CO ₂ provenientes del ganado, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	24, 50.
$E_{manure_CH4,t}$	t CO ₂ -e año ⁻¹	Emisión anual de CH ₄ por manejo de estiércol del forraje consumido por el ganado, en el año t .	24, 27.
$E_{manure_N2O,t}$	t CO ₂ -e año ⁻¹	Emisión anual de N ₂ O por manejo del forraje consumido por el ganado, en el año t .	24, 28.
E_p	t CO ₂ -e	Emisiones de GHG generadas por la implementación de actividades de proyecto, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	50, 52.
ER_{CH4}	adimensional	Proporción de emisiones de CH ₄ (valor por defecto de IPCC = 0.012).	22.
F_{burnt}	%	Proporción del área quemada durante el periodo histórico de referencia en pastizales.	23.
F_I	adimensional	Factor de entrada, (valor por defecto IPCC).	49.
$FC_{i,p,t}$	adimensional	1 - (% volumen de fragmentos/100) para ajustar la fracción de la muestra ocupada por los fragmentos > a 2 mm en la parcela p , en el estrato i , en el año t .	47.
$f_j (DBH, H)$	t d.m. árbol ⁻¹	Ecuación alométrica para la especie j , relacionada con el diámetro a la altura de pecho (DBH) y posiblemente la altura (H), de la biomasa de árboles vivos.	11, 37, 38.
$f_j (DB, H, CA, N)$	adimensional	Ecuación alométrica vinculada a la biomasa arriba del suelo de arbustos para el diámetro a la base (DB), altura de arbusto (H), área/diámetro de cobertura (CA) y número de tallos (N).	17.

Variable	Unidad	Descripción	Ecuación
F_{Lu}	adimensional	Factor de uso de la tierra, (valor por defecto IPCC).	49.
F_{MG}	adimensional	Factor de manejo de la tierra (referido como el factor de manejo en los sistemas), (valor por defecto IPCC).	49.
$Frac_{gas}$	Kg emitidos de NH_3 -N y NO_x -N $(Kg\ N)^{-1}$	Fracción manejada de nitrógeno del estiércol del ganado que se volatiliza como NH_3 y NO_x en la fase de manejo de estiércol.	30.
$G_{tree,j,i,t}$	t d.m. $ha^{-1}\ año^{-1}$	Incremento anual de biomasa seca total arriba y debajo del suelo de la especie j de árboles vivos por estrato, en el año t .	4, 5.
$G_{w,j,i,t}$	t d.m. $ha^{-1}\ año^{-1}$	Incremento anual de biomasa seca debajo del suelo de la especie j , viva de árboles en el estrato i , en el año t .	5, 6.
GWP_{CH_4}	adimensional	Potencial de calentamiento por CH_4 (con el valor de 21 para el primer período de cumplimiento).	22, 25, 27.
GWP_{N_2O}	adimensional	Potencial de calentamiento del N_2O (con el valor de 310 para el primer período de cumplimiento).	29, 30.
$H_{i,j}$	m	Altura de la planta perenne leñosa de base de la especie j en el estrato i , de (categoría de edad de árboles).	16.
i	número	Subíndice de estratos 1, 2, 3, ... M_{BSL} en el escenario de línea base.	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 23.
i	número	Subíndice de estratos 1, 2, 3... M_P presentes en el escenario del proyecto.	32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 46, 47, 48, 49, 55, 56, 57, 58.
$I_{V,j,i,t}$	$m^3\ ha^{-1}\ año^{-1}$	Incremento actual anual del volumen de la especie j en el estrato i , en el año t .	6.
j	número	Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario de línea base.	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 23.
j	número	Subíndice de especies 1, 2, 3, ... J en el escenario del proyecto.	32, 33, 34, 38, 39, 40.
l	número	Subíndice de número de árboles en parcelas sp .	32, 33, 34, 38, 39.
LK	t CO_2 -e	Emisiones de GHG producidas por fugas, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	51, 52.
LK_{Fossil_fuel}	t CO_2 -e	Fugas de GHG producidas por el uso de	51.

Variable	Unidad	Descripción	Ecuación
		combustibles fósiles fuera del área del proyecto que son debidas a este, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	
$LK_{Displacement_grazing}$	t CO ₂ -e	Fugas de GHG producidas por desplazamiento de actividades de pastoreo fuera del área del proyecto debidas a este, desde el inicio del proyecto hasta el año t^* .	51.
M	10000 m ² ha ⁻¹	Multiplicador para convertir las unidades en t C ha ⁻¹ .	47.
M_{DTree}	número	Número total de estratos de biomasa arbustiva dispersa presente.	58.
M_{herb}	número	Número total de estratos de biomasa herbácea presente.	55.
M_{LTree}	número	Número total de estratos de biomasa arbustiva presente.	57.
M_{Shrub}	número	Número total de estratos de biomasa de árboles lineal presente.	56.
μ	número	Valor de la media de la muestra del parámetro.	60.
$M_{d/w}$	kg kg ⁻¹	Promedio de la relación de peso seco-húmedo de la biomasa existente en las sub-muestras.	43, 44.
N	número	Número total de unidades de muestra potenciales.	53.
n	número	Tamaño de muestra (número de parcelas requeridas para monitoreo).	53.
NEX	Kg de N cabeza ⁻¹ año ⁻¹	Promedio anual de excreción por cabeza de ganado por forraje ingerido en pastoreo.	29, 30.
$N_{j,i,sp,t}$	árboles	Número de árboles de la especie j en parcela sp del estrato i en el año t .	34, 38.
N_i	número	Número de unidades potenciales de muestreo (parcelas) en el estrato i .	53.
N_s	número	Número total de estratos definidos.	53.
$n_{i,t}$	número	Número de subparcelas en una muestra de cada parcela, en el estrato i , en el año t .	43, 44.
$nTR_{j,i,t}$	árboles ha ⁻¹	Densidad de árboles en pie de la especie j previo al proyecto, en el estrato i , en el año t .	11
p	número	Subíndice de muestras de parcelas 1, 2, 3, ... P_i en el estrato i del escenario de proyecto.	46, 47, 55, 56, 57, 58.
P_i	número	Número de parcelas presentes de biomasa (herbáceas, arbustiva y de árboles lineales) pastizales; arbustos; plantaciones lineales.	55, 56, 57, 58.
$P_{Burned,cp}$	t CO ₂ -e ha ⁻¹	Proporción promedio de masa quemada en el	23.

Variable	Unidad	Descripción	Ecuación
		reservorio de carbono <i>cp</i> .	
$Population_t$	cabezas	Equivalente al número de ganado alimentado por forraje en el año <i>t</i> .	25, 26, 27, 29, 30.
$Product_{foreage,t}$	Kg d.m. ha ⁻¹ año ⁻¹	Producción de forraje en el año <i>t</i> .	26.
σ	número	Desviación estándar de la muestra del parámetro	60.
T	años	Número de años entre el monitoreo del tiempo <i>t2</i> y <i>t1</i> ($T = t2-t1$).	7.
T	años	Período de cambio de los factores.	46, 47, 48.
t	años	Subíndice de años 1, 2, 3, ... <i>t</i> *, transcurridos desde el inicio de las actividades de proyecto.	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40.
$t_{\frac{\alpha}{2}}$	número	Valor estadístico t student $\alpha= 0.05$ (implica un nivel del 95% de confianza).	53.
RC	número	Existencia de carbono de referencia en condiciones nativas en un estrato <i>i</i> , (valor por defecto IPCC).	49.
R_j	t d.m. (t d.m.) ⁻¹	Relación apropiada de raíz-tallo para las existencias de biomasa, por especie <i>j</i> .	10, 33, 39.
$R1_j$	t d.m. (t d.m.) ⁻¹	Relación apropiada de raíz-tallo (valores expuestos en IPCC) para el incremento de biomasa de la especie <i>j</i> .	5.
$R_{S,j}$	adimensional	Relación raíz-tallo de arbustos de especie <i>j</i> .	18.
RRE	t CO ₂ -e.	Remoción y reducción de GHG antropógenas netas por sumideros y fuentes.	52.
s_i	número	Desviación estándar en el estrato <i>i</i> .	53.
SOC	t C ha ⁻¹	Existencias de carbono orgánico del suelo para un área específica.	49.
$SOC_{i,t1}$	t C ha ⁻¹	Existencia de carbono en el carbono orgánico del suelo en el estrato <i>i</i> , en el año <i>t</i> = 1 (inicial).	48.
$SOC_{i,t2}$	t C ha ⁻¹	Existencia de carbono en el carbono orgánico del suelo en el estrato <i>i</i> , en el año <i>t</i> = 1 (final).	48.
sp	número	Subíndice 1, 2, 3, ... <i>Pi</i> de parcela muestreada en el estrato <i>i</i> , en el escenario del proyecto.	39.
U_c	%	Porcentaje combinado de incertidumbre.	62.

Variable	Unidad	Descripción	Ecuación
U_i	%	Porcentaje de incertidumbre asociadas con cada término del producto (parámetros y datos de actividad), $i= 1,2,3,...n$.	61.
U_s	%	Porcentaje de incertidumbre del producto (emisiones por fuentes o remociones por los sumideros)	61.
U_{si}	%	Porcentaje de incertidumbre en cada término de la suma o diferencia.	61.
$U_s(\%)$	%	Porcentaje de incertidumbre en cada término de la suma o diferencia.	60.
$V_{l,j,i.sp,t}$	m ³ de árbol ⁻¹	Volumen comercial o total según el BEF o modelo alométrico utilizado del árbol l , de la especie j , en la parcela sp , en el estrato i , en el año t .	32.
$V_{Tree j,i,t}$	m ³ ha ⁻¹	Volumen del tallo del árbol por especie j previo al proyecto, en el estrato i , en el año t .	9.
W_i	adimensional	N_i/N_s .	53.
0.001	adimensional	Factor de conversión de kilogramos en toneladas.	25, 27, 29, 30.
12/44	adimensional	Conversión de las emisiones de C a CO ₂ .	22.
16/12	adimensional	Conversión de las emisiones de CH ₄ a C.	22.
44/28	t CO ₂ -e t C ⁻¹	Conversión de las emisiones de N ₂ O-N a emisiones N ₂ O.	29, 30.
44/12	t CO ₂ -e t C ⁻¹	Proporción del peso molecular de CO ₂ /C.	2,12.
10	adimensional	Factor de conversión.	43, 44.
365	adimensional	Número de días por año.	26.
10.000	m ² a ha ⁻¹	Factor de conversión	55, 56, 57.

5. CONCLUSIONES

- Se desarrolló una metodología de remoción y reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GHG) en pastizales por prácticas de manejo mejoradas utilizando el Estándar de Carbono Voluntario (VCS).
- Esta metodología es aplicable en pastizales en los que no ocurre cambio de uso de la tierra y no se alcanza el umbral de la definición de bosque definida por el país para proyectos CDM forestales. La adicionalidad se establece con base en la herramienta desarrollada para este componente por la junta directiva del MDL. Los reservorios de carbono y las fuentes de emisión se seleccionaron con base en las condiciones de aplicabilidad y las guías del Estándar de Carbono Voluntario.
- La presente metodología es la primera desarrollada en la categoría de Manejo de Tierras Agrícolas y abre la puerta para la comercialización de créditos de carbono en pastizales, los cuales representan en América Latina el 40% de la superficie terrestre, categoría de uso de la tierra que ha estado excluida de los mercados de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Kaisi, M. 2001. Impact of Tillage and Crop Rotation Systems on Soil Carbon Sequestration. Department of Agronomy, Iowa State University. University extension. PM 1871.
- Arrigorriaga D. 2007. Mercados voluntarios oportunidades de mercado (diapositivas). Lima, PE. 17 Diapositivas.
- Blanco-Canqui, H; Lal R. 2008. No-tillage and soil-profile carbon sequestration: an on-farm assessment. *In: Soil Science Society of America*: 72 (3): 693 -701.
- Bernal, J. 1984. Manual de pastos y forrajes para Colombia. FADEGAN. 4 edición 278 p.
- Brown S. 1996. Estimating biomass and biomass change of tropical forest: a primer FAO Forestry Paper 134, Rome, Italy.
- Camero, A.; Ibrahim, M.; Kass M. 2001. Improving fermentation and milk production with legume – tree fodder in the tropics. *In Agroforestry Systems* 51: 157-166.
- CarbonFix Standard CFS 2007. The CarbonFix Standard The CarbonFix Standard has the aim to set quality criteria for CO2-certificates from new forests (en línea). Consultado 2 Dic 2007. Disponible en: <http://www.carbonfix.info/CarbonFix/Standard.htm>
- CCAR (California Climate Action Registry). 2007. Chicago Climate Exchange Offsets Program 2007. Chicago Climate Exchange (en línea). Consultado 2 Dic 2007. Disponible en: <http://www.climateregistry.org/PROTOCOLS/GRP/>
- Colque P., M. y Sánchez C., V. E. 2007. Los Gases de Efecto Invernadero: ¿Por qué se produce el Calentamiento Global? Asociación Civil Labor / Amigos de la Tierra. PE (en línea). Consultado 18 Nov 2007 http://www.labor.org.pe/descargas/1ra%20publicacion_%20abc%20cc.pdf.
- Conant, R.T; Paustian, K; Elliott, E.T. 2001. Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. *In: Ecological Application* 11: 343-355.
- Conant, R.T; Paustian, K; Del grosso, S.J; Parton, W.J. 2005. Nitrogen pool and fluxes in grassland soils sequestration carbon. *In: Nutrient cycling in agroecosystems* 71: 239-248.
- Derpesch, R. 2008. No-Tillage and conservation agricultura: a progress report. *In: Goddard, T; Zoebisch, M; Gan, Yantai; Ellis, W; Watson Alex; Sombatpanit S. (eds). No-till farming systems. Special publication No. 3, Wordl assiciation of soil and Water Conservation, Bangkok. p. 7 -39.*
- Eguren L. 2004. El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas Serie Medio Ambiente y Desarrollo N° 83 (en línea). Consultado 15 Nov 2007. Disponible en: <http://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/2/14902/P14902.xml&xsl=/dmaah/tpl/p9f.xsl&base=/dmaah/tpl/top-bottom.xsl>
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2006. Livestock´s long shadow environmental issues and options Sobrepastoreo. 400 p.

- _____ 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Basado en el trabajo de Michael Robert. Institut national de recherche agronomique. Raris, FR. 62 p.
- Follett, R. F; Kimble, J.M; Lal, R. 2001. The potential of U.S. grazing lands to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. CRC Press, Chelsea, MI. p. 401-430.
- Gold standard 2007. About us – in brief (en línea). Consultado 5 Dic 2007. Disponible en: http://www.cdmgoldstandard.org/about_goldstandard.php
- Green-e Climate Standard 2007. The green-e greenhouse gas emission reduction product certification program standard (en línea). Consultado 2 Dic 2007. Disponible en: http://www.green-e.org/getcert_ghg_standard.shtml
- Hamilton K.; Bayon R.; Turner G. y Higgins D. 2007. State of the Voluntary Carbon Markets 2007: Picking Up Steam. 60 p.
- IETA (International emission trading association) 2007. The voluntary carbon standard verification protocol and criteria. Proposed Version 2. 21p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2000. Land use, land-use change and forestry. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, 377 pp.
- _____ 2001. Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 881 p.
- _____ 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme [Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riitta Pipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner(eds)]. IPCC-IGES, Japan. Disponible en:<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.html>
- _____ 2006. Guidelines for national greenhouse gas inventories. AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use). Volumen 4. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme [Eggleston H.S., L. Buena, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe (eds)]. IPCC-IGES, Japan. Disponible en: <http://www.ipcc.ch>
- _____ 2007a. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.
- _____ 2007b. Resumen Técnico. En Cambio Climático 2007: Mitigación. Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- _____ 2007c: Summary for Policymakers. *In*: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. enhen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom andNew York, NY, USA.

- ISO 14064-1: 2006. Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals
- _____ 14064-2: 2006. Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting greenhouse gas emission reductions or removal enhancements
- _____ 14064-3: 2006. Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions
- Jiménez Z., E. s.f. Tierra, Productividad y Competitividad (diapositivas) **(en línea)**. Consultado 30 Ago 2007. Disponible en: <http://www.trrftierra.org/stnftierra1104/Docesnstrabajo/056.pdf>.
- KP (Kyoto Protocol) 1998. Text of the Kyoto Protocol (en línea). Consultado 10 Mayo de 2008 Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>.
- Lal, R. 2001 (ed). Myths and facts about soils and greenhose effect. *In*: Lal R. (ed). Soil carbón sequestration and the greenhouse effect. Special publication No.57, Soil science of America, Inc. Madison, WI, USA p. 9 -26.
- Nieuwenhuysse, A; Aguilar, A; Mena, M; Nájera, K; Osorio, M. 2008. La siembra de pastos asociados con maní forrajero *Arachis pintoi*. CATIE, CR. 74 p. (Serie técnica. Manual técnico/ CATIE; No. 82).
- Pearson, T.; Walker, S.; Brown, S. 2005. Sourcebook for land use, land change and forestry projects. Winrock International. 64 p.
- Reicosky, D. 2008. Carbon sequestration and environmental benefits from No-Till systems. *In*: Goddard, T; Zoebisch, M; Gan, Yantai; Ellis, W; Watson Alex; Sombatpanit S. (eds). No-till farming systems. Special publication No. 3, Wordl assiciation of soil and Water Conservation, Bangkok. p. 43 -72.
- Sandoval E., M; Stolpe L., N.; Zagal V., E.; Mardenes F., M.; Junod M., J. 2003. El secuestro de carbono en la agricultura y su importancia con el calentamiento global. *Teoría* (21):65-71. ISSN 0717-196X (en línea). Consultado 20 Noviembre 2007 Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/299/29901206.pdf>
- Sinclair, F.L. 1999. A general classification of agroforestry practice. *In*: *Agroforestry Systems* 46: 161–180.
- Somarriba E. 1990. Que es agroforestería?. *In* : *El Chasqui* (CATIE). 1990. 8:(24) 5-13.
- Tomasevich F.N. 2004. Forestación: su impacto y rentabilidad ecológica. Facultad de Ciencias Agrarias Carrera de Licenciatura en Economía Agropecuaria 32 p.
- Totten M. 2002. Getting it right: emerging markets for storing carbon in forests. ISBN 1-56973-413–5. Washington, US (en línea). Consultado 16 Nov 2007. Disponible en: www.wri.org.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention On Climate Change) 1992. Text of the convention (en línea). Consultado 14 Junio de 2008 Disponible en:http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/2853.php
- Vaccaro S.; Arturo M. F; Goya J.; Frangi J.; Piccolo G. 2003. Almacenaje de carbono en estadios de la sucesión secundaria en la provincia de misiones, argentina. Caracas, VE. *In* INCI 28 (9).

- Vallejo Á. 2005. Maia - software para el monitoreo de proyectos de remoción de carbono bajo el Mecanismo para un Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE . 88 p.
- _____; Rodríguez N., P.; Martínez A., C.; Hernández P.C y De Jong B. 2007. Preguntas frecuentes sobre estimaciones de carbono en proyectos MDL forestales Fortalecimiento del MDL en los Sectores Forestal y Bioenergía en Ibero América. 36 p
- Voluntary Carbon Standard (VCS). 2007a. Voluntary Carbon Standard : Program Guidelines (en línea). Consultado 22 Nov 2007. Disponible en: <http://www.v-c-s.org/documents.html>
- _____ 2007b. Guidance for Agriculture, Forestry and Other Land Use Projects (en línea). Consultado 30 Nov 2007. Disponible en: <http://www.v-c-s.org/docs/AFOLU%20Guidance%20Document.pdf>
- _____ 2007c. Voluntary Carbon Standard: Voluntary Carbon Standard - Specification for the project-level quantification, monitoring and reporting as well as validation and verification of greenhouse gas emission reductions or removals (en línea). Consultado 3 Dic 2007. Disponible en: <http://www.v-c-s.org/docs/VCS%202007.pdf>
- WRI (World Resources Intitute) 2001. Los 20 Principales Emisores de Gases de Efecto Invernadero (en línea). Consultado 18 Nov 2007. <http://noticias24horas.buenosdiasplaneta.org/descargas/diaps/48.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1. Definiciones

El IPCC no ofrece una definición única de los usos de las tierras; son los países los que determinarán sus propias definiciones con miras a la notificación de inventario. Es importante utilizar definiciones claras para los informes de inventario (incluyendo valores de umbral, por ejemplo de la cobertura de los árboles, del área de la tierra o de la altura de los árboles), y asegurarse de que la clasificación es coherente para todos los inventarios notificados y con otras definiciones de uso de la tierra.

- **Análisis de Riesgo de la no permanencia.** La no permanencia es la remisión de GHG a la atmósfera. Por ello se debe llevar a cabo un proceso de evaluación de riesgos, posteriormente, se verifica por una entidad acreditada independiente del VCS. Los análisis de riesgo de la no permanencia se evalúan de acuerdo con cuatro tipos de factores de riesgo: riesgos del proyecto, riesgos económicos, riesgos reglamentarios y sociales, riesgos naturales y riesgo de perturbaciones.

- **Año base.** Período histórico específico descrito con el fin de comparar las emisiones o remociones de GHG u otra información relacionada con GHG en el tiempo. Las emisiones o remociones pueden ser cuantificadas basadas en un período específico (es decir, un año) o un promedio de varios períodos (por ejemplo, varios años). (ISO 14064-1:2006).

- **Datos de la actividad de gases de efecto invernadero.** Medida cuantitativa de la actividad que da lugar a emisiones o remociones de GHG. (ISO 14064-1:2006).

- **Descripción de proyectos VCS (VCU).** Documento que describe la reducción o remoción de emisiones de GHG. (VCS 2007a).

- **Devegetación.** Pueden considerarse varias opciones para definir devegetación, tomando en cuenta las variables: tiempo y espacio.

- (1) Una actividad humana directamente inducida que disminuye el contenido de carbono en sitios a través la remoción de vegetación que cubre una área mínima de 0.05 hectárea y no abarca las definiciones de deforestación o degradación del bosque.

- (2) Una actividad humana directamente inducida que disminuye el contenido de carbono a través de cambios en la vegetación en tierras no forestales en una superficie de 0.05 hectárea o mayor. Cambios dentro del manejo normal de los ciclos no son incluidos.

- (3) Una actividad humana inducida directamente que disminuye el contenido de carbono en los sitios a través de la reducción de la vegetación que cubre una superficie mínima de 0.05 hectáreas y no cumple con la definición de deforestación.

- (4) Conversión directamente inducida por actividad humana de tierras vegetadas a tierras no vegetadas. (Equivalente a degradación).

- **Devegetación.** En el contexto del Protocolo de Kioto (PK) sería: pérdida a largo plazo directamente inducida por el hombre (persistiendo durante X años o más) de por lo menos el Y % de la vegetación (caracterizada por la cobertura / el volumen / contenido de carbono) desde tiempo T en otros tipos de vegetación diferentes a bosque y no sujeto a una actividad

elegida bajo el Artículo 3.4 del Protocolo de Kioto. Los tipos de vegetación consisten en un área mínima de tierra de Z hectáreas con la cubierta foliar de W %.

- **Emisión de gases efecto invernadero.** Masa total de GHG liberados a la atmósfera durante un determinado período de tiempo. (ISO 14064-1:2006).

- **Existencias de carbono.** Masa total de carbono contenida en un reservorio en un punto específico en el tiempo. (ISO 14064-1:2006)

- **Fuentes de gases efecto invernadero.** Unidad física o proceso que libera GHG en la atmósfera. (ISO 14064-1:2006).

- **Fuga.** Aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero por las fuentes que se produce fuera del ámbito del proyecto y que puede medirse y atribuirse a las actividades del proyecto.

- **Gases efecto invernadero GHG.** Constituyentes gaseosos de la atmósfera, de origen natural o antropogénico que absorben y emiten radiación de una longitud de onda específica dentro de espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la tierra, la atmósfera y las nubes. Incluye dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y sulfuro hexafluoruro de azufre (SF₆). (ISO 14064-1:2006).

- **Herramienta.** Mecanismo utilizado bajo procesos de aprobación del VCS. Las herramientas pueden ser componentes de una metodología (aplicadas como un módulo metodológico para realizar una tarea específica) o una herramienta de cálculo (software que realizan tareas de cálculo de acuerdo con una metodología aprobada). (VCS 2006).

- **Límites del proyecto.** Delimitación geográfica las actividades bajo control de los participantes en el proyecto.

- **Tierras Forestales.** Son tierras con vegetación leñosa arbórea establecidas de acuerdo con los umbrales usados en la definición de bosque en un determinado país. Según el Protocolo de Kioto, cada país adopta la definición de “bosque” bajo los umbrales mínimos de los indicadores de vegetación: área mínima (0.05 - 1 Ha), cobertura de copa (10 – 30 %) y altura (2- 5 metros de madurez *in situ*).

La tierra definida como “Tierra forestal” puede incluir áreas que no son actualmente bosque, pero que a la madurez *in situ* podrían alcanzar potencialmente los umbrales usados para definir “Tierra forestal”. Para distinguir entre “no-bosque” (y por lo tanto “deforestada”) y “temporalmente sin árboles” (áreas en manejo de bosque), la definición de “bosque” debe incluir el período máximo de tiempo en que la vegetación leñosa puede permanecer debajo de los umbrales usados para definir “tierra forestal”. Este período máximo puede ser específico para cada categoría de uso de la tierra / cambio de cobertura de la tierra (Uso de la Tierra y Cambio de Uso de la Tierra (LULC)). (IPCC 2006).

- **Tierras no forestales.** Toda área que no cumpla “*al menos uno*” de los indicadores de vegetación de la definición de bosque adoptada en un determinado país. Por ejemplo: en un país con los parámetros más bajos de la definición de bosque, un área de 2 hectáreas con árboles de 20 metros de altura, pero una cobertura de copas de sólo 8%, se define como no-bosque. (IPCC 2006).

- **No permanencia.** Ver análisis de riesgos.
- **Pastizales.** Son áreas que comprende pastizales y tierras de pastoreo que no se consideran tierras agrícolas. También comprende sistemas con vegetación inferior al umbral utilizado en la categoría de tierras de bosque y que no se espera que rebase, sin intervención humana, los umbrales utilizados en la categoría de tierras de bosque. Estas comprenden asimismo todas las praderas, desde las tierras incultas hasta las zonas recreativas, así como los sistemas agrícolas y silvopastoriles, subdivididos en manejados y no manejados, de acuerdo con las definiciones nacionales (IPCC 2006).
- **Permanencia.** Se refiere a la duración de las existencias de carbono terrestre. Una característica particular de las existencias de carbono tratadas en actividades de proyecto AFOLU es el potencial de reversión de GHG mitigado cuando son expuestos a factores de riesgo. (VCS 2007b).
- **Potencial de calentamiento global (GWP).** Factor que describe el impacto del forzamiento radiactivo de una unidad de masa de un determinado GHG emitido a la atmósfera, basada en la relación de una unidad de dióxido de carbono equivalente (CO_{2-e}) durante un período determinado de tiempo. (ISO 14064-1:2006).
- **Producción ganadera.** Son sistemas de producción animal, particularmente aquellos que presentan animales rumiantes que pueden ser importantes fuentes de emisiones de gases efecto invernadero. Por ejemplo, la fermentación entérica en los sistemas de digestión de los rumiantes conduce a la producción y emisión de CH₄. Además, se incluyen decisiones sobre el manejo de estiércol, su eliminación o almacenamiento y cómo se producen emisiones de CH₄ y N₂O (formadas en la descomposición de estiércol como un subproducto de metanogénesis y de nitrificación/denitrificación, respectivamente). Por otra parte, las pérdidas por volatilización de NH₃ y N₂O en los sistemas de manejo de estiércol y en el suelo conducen a una emisión indirecta de gases de invernadero.
- **Proporciones del carbono en suelo.** Clasificadas por lábil, celulosa, lignina. Típicamente, se usan técnicas de laboratorio para determinar las proporciones de carbono correspondientes a cada clase (lábil, celulosa o lignina) (White et al. 2000). Los reservorios lábiles incluye la fracción fácilmente degradable, tales como carbohidratos que son solubles en agua caliente y alcohol. La celulosa es la fracción soluble en ácidos, después de la extracción de la fracción lábil. El remanente es calculado como los reservorios de lignina.
- **Remoción neta efectiva de gases de efecto invernadero por los sumideros.** Suma de las variaciones verificables del carbono almacenado en los reservorios de carbono en el límite del proyecto, menos el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero por las fuentes, expresadas en el CO_{2-e} (evitando el doble cómputo), provocado por la ejecución de las actividades de proyecto en el límite del proyecto.
- **Remoción antropógena neta de gases de efecto invernadero por los sumideros.** Remoción neta efectiva de gases de efecto invernadero por los sumideros, menos la remoción neta de línea base de gases de efecto invernadero por los sumideros, menos las fugas.
- **Reservorio de gases de efecto invernadero.** Unidad física o componente de la biosfera, geósfera o hidrósfera con la capacidad para almacenar o acumular gases efecto invernadero,

removidos de la atmósfera por un sumidero de gases efecto invernadero o un gas efecto invernadero capturado de una fuentes de gas efecto invernadero. (ISO 14064-1:2006).

• **Reservorio.** Todo sistema capaz de remover o emitir carbono. Algunos ejemplos de reservorio de carbono son la biomasa forestal, los productos de la madera, los suelos, o la atmósfera. En esta metodología se consideran los mismos reservorios contemplados en las guías del IPCC (Biomasa viva, materia orgánica muerta y suelo):

- **Biomasa viva:** material orgánico sobre y bajo del suelo. La biomasa arriba del suelo es toda la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, incluyendo tallos, tocones, ramas, corteza, semillas y follaje. La biomasa abajo del suelo se compone de raíces vivas. A veces se excluyen raíces finas de menos de 2 mm (sugerido) de diámetro porque con frecuencia no se pueden distinguir empíricamente de la materia orgánica del suelo o mantillo.

- **Materia orgánica muerta:** compuesta por madera muerta y hojarasca. La madera muerta comprende toda la biomasa leñosa no viva no contenida en la hojarasca, ya sea en pie, superficial o en el suelo. La madera muerta comprende lo que se encuentra en la superficie, raíces muertas y tocones mayores o iguales a 10 cm de diámetro o de cualquier otro diámetro utilizado por el país. Por otra parte, la hojarasca comprende toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite de la materia orgánica del suelo (sugerido de 2 mm) y menor que el diámetro mínimo elegido para la madera muerta (por ejemplo, 10 cm), que yace muerta, en varios estados de descomposición sobre el suelo mineral u orgánico. Comprende las capas de detritus, fúmica y húmica. Las raíces finas vivas (de tamaño inferior al límite de diámetro sugerido para la biomasa bajo el suelo) se incluyen en la hojarasca cuando no se pueden distinguir empíricamente de ella.

- **Suelo:** compuesto por materia orgánica del suelo. Comprende el carbono orgánico en suelos minerales y orgánicos (incluida la turba) a una profundidad específica seleccionada por el país y aplicada coherentemente a través del tiempo. Las raíces finas vivas y muertas (de tamaño inferior al límite de diámetro sugerido para la biomasa bajo el suelo) se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no pueden distinguirse empíricamente de ella. El valor por defecto para la profundidad del suelo es de 30 cm y orientada en la determinación de profundidad específica de un país.

• **Remoción neta en línea base de gases de efecto invernadero por los sumideros.** Suma de las variaciones del carbono almacenado en los reservorios de carbono dentro del límite del proyecto que razonablemente se predicen de no realizarse las actividades de proyecto.

• **Remoción de gases efecto invernadero.** Masa total de GHG removidos de la atmósfera durante un determinado período de tiempo. (ISO 14064-1:2006).

• **Revegetación.** Actividad humana directa inducida para aumentar el contenido de carbono en sitios a través del establecimiento de vegetación que cubre un área mínima de 0.05 hectáreas y no se encuentran en las definiciones de forestación y reforestación (IPCC 2003b).

• **Unidad de dióxido de carbono equivalente (CO_{2-e}).** Unidad para comparar el forzamiento radiactivo de un GHG a dióxido de carbono (CO₂). El CO_{2-e} es calculado usando la masa de un determinado GHG y multiplicarlo por su potencial de calentamiento global. (ISO 14064-1:2006).

- **Validación.** Proceso sistemático, independiente y documentado para la evaluación de GHG en un plan de proyecto de GHG en relación con los criterios de validación. (ISO 14064-1:2006).
- **Validador.** Persona(s) competente(s) e independiente(s) con la responsabilidad para realizar y presentar informes sobre los resultados de una validación. (ISO 14064-1:2006).
- **Verificación.** Proceso sistemático, independiente y documentado para la evaluación de GHG en un plan de proyecto de GHG en relación con los criterios de verificación. (ISO 14064-1:2006).
- **Verificador.** Persona(s) competente(s) e independiente(s) con la responsabilidad para realizar y presentar informes sobre los resultados de una verificación. (ISO 14064-1:2006).
- **Unidad Voluntaria de carbono (VCU).** Una tonelada de CO₂-e de emisiones de GHG reducidas o removidas por el programa VCS y soportado en un programa de VCS registrado. (VCS 2007a).

ANEXO 2. Tablas

Tabla 1. Factores de riesgos para actividades de proyecto ALM

Factores de riesgos		Nivel de riesgos (Prácticas de manejo mejoradas)	% de riesgo
Tipo de propiedad	ONG establecida o agencia de conservación; propiedad privadas de tierras operadas	Baja	10 - 15 %
	Tierra rentada o tenencia operada	Media	15 - 25 %
	Tenencia de tierra incierta	Alta	25 – 50 %
Carencia de tecnologías y prácticas	Uso de prácticas probadas y verificadas en condiciones locales	Baja	10 - 15 %
	Uso de tecnologías que son eficaces y probadas en otros sitios, pero no verificadas localmente	Media	25 – 50 %
	Uso de tecnologías con mínimas precauciones de las condiciones ambientales prevaecientes	Alta	25 – 50 %
	Uso de tecnologías sin ninguna base científica como mecanismo de almacenaje de C o mitigación de GHG	Inaceptable	–
Cambio en los retornos financieros netos por el desplazamiento o por producción evitada, o por los costos incrementados	Reducción < de 10%	Baja	0 - 15 %
	Reducción entre 10-20%	Media	15 - 25 %
	Reducción > de 20%	Alta	25 – 50 %
Usos de tierra competitivo en cercanía (dentro de un radio de 100 km)	Perdidas insignificantes de tierras (es decir, conversión a urbana u otros uso de la tierra)	Baja	10 - 15 %
	Discernibles aunque limitadas pérdidas netas de tierra	Baja – Media	10 - 15 % Ó 15 - 25 %
	Significante pérdida neta de tierra (Mayor de 2% /año)	Baja – Alta	10 - 15 % Ó 25 – 50 %
Incidencia de fracaso del cultivo por sequía severa o incidencia de plagas/enfermedades	Infrecuente (< de 1 en 10 años)	Baja	10 - 15 %
	Frecuente (> de 1 en 10 años)	Media	25 – 50 %
Duración del proyecto	Plan de proyecto y compromisos demostrados a largo plazo (> 40 años)	Baja	10 - 15 %
	proyectos de compromisos a corto plazo (20 a 40 años)	Baja	10 - 15 %
	Duración mínima de compromiso (<20 años)	Inaceptable	-

Tablas. IPCC GPG LULUCF 2003.

TABLE 3A.1.8 AVERAGE BELOWGROUND TO ABOVEGROUND BIOMASS RATIO (ROOT-SHOOT RATIO, R) IN NATURAL REGENERATION BY BROAD CATEGORY (tonnes dry matter/tonne dry matter) (To be used for R in Equation 3.2.5)							
	Vegetation type	Aboveground biomass (t/ha)	Mean	SD	lower range	upper range	References
Tropical/sub-tropical forest	Secondary tropical/sub-tropical forest	<125	0.42	0.22	0.14	0.83	5, 7, 13, 25, 28, 31, 48, 71
	Primary tropical/sub-tropical moist forest	NS	0.24	0.03	0.22	0.33	33, 57, 63, 67, 69
	Tropical/sub-tropical dry forest	NS	0.27	0.01	0.27	0.28	65
Conifer forest/plantation	Conifer forest/plantation	<50	0.46	0.21	0.21	1.06	2, 8, 43, 44, 54, 61, 75
	Conifer forest/plantation	50-150	0.32	0.08	0.24	0.50	6, 36, 54, 55, 58, 61
	Conifer forest/plantation	>150	0.23	0.09	0.12	0.49	1, 6, 20, 40, 53, 61, 67, 77, 79
Temperate broadleaf forest/plantation	Oak forest	>70	0.35	0.25	0.20	1.16	15, 60, 64, 67
	Eucalypt plantation	<50	0.45	0.15	0.29	0.81	9, 51, 59
	Eucalypt plantation	50-150	0.35	0.23	0.15	0.81	4, 9, 59, 66, 76
	Eucalypt forest/plantation	>150	0.20	0.08	0.10	0.33	4, 9, 16, 66
	Other broadleaf forest	<75	0.43	0.24	0.12	0.93	30, 45, 46, 62
	Other broadleaf forest	75-150	0.26	0.10	0.13	0.52	30, 36, 45, 46, 62, 77, 78, 81
Grassland	Steppe/tundra/prairie grassland	NS	3.95	2.97	1.92	10.51	50, 56, 70, 72
	Temperate/sub-tropical/ tropical grassland	NS	1.58	1.02	0.59	3.11	22, 23, 32, 52
	Semi-arid grassland	NS	2.80	1.33	1.43	4.92	17-19, 34
Other	Woodland/savanna	NS	0.48	0.19	0.26	1.01	10-12, 21, 27, 49, 65, 73, 74
	Shrubland	NS	2.83	2.04	0.34	6.49	14, 29, 35, 38, 41, 42, 47, 67
	Tidal marsh	NS	1.04	0.21	0.74	1.23	24, 39, 68, 80

NS = Not specified

TABLE 3A.1.14 COMBUSTION EFFICIENCY (PROPORTION OF AVAILABLE FUEL ACTUALLY BURNT) RELEVANT TO LAND-CLEARING BURNS, AND BURNS IN HEAVY LOGGING SLASH FOR A RANGE OF VEGETATION TYPES AND BURNING CONDITIONS (To be used in sections 'forest lands converted to cropland', 'converted to grassland', or 'converted to settlements or other lands')						
Forest Types	Burn type and drying time (Months)					
	Broadcast		Windrow		Windrow+Stoking	
	<6	>6	<6	>6	<6	>6
Tropical moist						
- primary ^a	0.15-0.3	~0.30				
- secondary ^b		0.40				
Tropical dry						
- Mixed species ^c		>0.9				
- Acacia ^d			-	0.8	-	~0.95
Temperate Eucalyptus ^e	0.3	0.5-0.6				
Boreal forest ^f	0.25					

Note: The combustion efficiency or fraction of biomass combusted, is a critical number in the calculation of emissions, that is highly variable depending on fuel arrangement (e.g. broadcast v heaped), vegetation type affecting the (size of fuel components and flammability) and burning conditions (especially fuel moisture).

Sources: ^aFearnside (1990), Wei Min Hao *et al.* (1990); ^bWei Min Hao *et al.* (1990); ^cKauffman and Uhl; *et al.* (1990); ^dWilliams *et al.* (1970), Cheney (pers. comm. 2002); ^eMcArthur (1969), Harwood & Jackson (1975), Slijepcevic (2001), Stewart & Flinn (1985); and ^fFrench *et al.* (2000)

TABLE 3A.1.15 EMISSION RATIOS FOR OPEN BURNING OF CLEARED FORESTS (To be applied to Equation 3.2.19)	
Compound	Emission Ratios
CH ₄	0.012 (0.009-0.015) ^a
CO	0.06 (0.04-0.08) ^b
N ₂ O	0.007 (0.005-0.009) ^c
NO _x	0.121 (0.094-0.148) ^c

Source: ^aDelmas, 1993, ^bLacaux *et al.*, 1993, and Crutzen and Andreae, 1990. Note: Ratios for carbon compounds, i.e. CH₄ and CO, are mass of carbon compound released (in units of C) relative to mass of total carbon released from burning. Those for the nitrogen compounds are expressed as the ratios of emission (in units of N) relative to total nitrogen released from the fuel.

TABLE 3A.1.16
EMISSION FACTORS (G/KG DRY MATTER COMBUSTED)
APPLICABLE TO FUELS COMBUSTED IN VARIOUS TYPES OF VEGETATION FIRES
 (To be used in connection with Equation 3.2.20)

	CO ₂	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O*	NMHC ²	Source
Moist/infertile broad-leaved savanna	1 523	92	3	6	0.11	-	Scholes (1995)
Arid fertile fine-leaved savanna	1 524	73	2	5	0.11	-	Scholes (1995)
Moist- infertile grassland	1 498	59	2	4	0.10	-	Scholes (1995)
Arid-fertile grassland	1 540	97	3	7	0.11	-	Scholes (1995)
Wetland	1 554	58	2	4	0.11	-	Scholes (1995)
All vegetation types ¹	1 403 -1 503	67-120	4-7	0.5-0.8	0.10	-	IPCC (1994)
Forest fires	1 531	112	7.1	0.6-0.8	0.11	8-12	Kaufman <i>et al.</i> (1992)
Savanna fires	1 612	152	10.8	-	0.11	-	Ward <i>et al.</i> (1992)
Forest fires	1 580	130	9	0.7	0.11	10	Delmas <i>et al.</i> (1995)
Savanna fires	1 640	65	2.4	3.1	0.15	3.1	Delmas <i>et al.</i> (1995)

¹ Assuming 41-45% C content, 85-100% combustion completeness.
² NMHC non methane hydrocarbons.
 * Calculated from data of Crutzen and Andreae (1990) assuming an N/C ratio of 0.01, except for savanna fires.

TABLE 3.3.3						
DEFAULT REFERENCE (UNDER NATIVE VEGETATION) SOIL ORGANIC C STOCKS (SOC _{REF}) (TONNES C PER HA FOR 0-30 CM DEPTH)						
Region	HAC soils ¹	LAC soils ²	Sandy soils ³	Spodic soils ⁴	Volcanic soils ⁵	Wetland soils ⁶
Boreal	68	NA	10 [#]	117	20 [#]	146
Cold temperate, dry	50	33	34	NA	20 [#]	87
Cold temperate, moist	95	85	71	115	130	
Warm temperate, dry	38	24	19	NA	70 [#]	88
Warm temperate, moist	88	63	34	NA	80	
Tropical, dry	38	35	31	NA	50 [#]	86
Tropical, moist	65	47	39	NA	70 [#]	
Tropical, wet	44	60	66	NA	130 [#]	

Note: Data are derived from soil databases described by Jobbagy and Jackson (2000) and Bernoux *et al.* (2002). Mean stocks are shown. A default error estimate of 95% (expressed as 2X standard deviations as percent of the mean) are assumed for soil-climate types. NA denotes 'not applicable' because these soils do not normally occur in some climate zones.

indicates where no data were available and default values from *IPCC Guidelines* were retained.

¹ Soils with high activity clay (HAC) minerals are lightly to moderately weathered soils, which are dominated by 2:1 silicate clay minerals (in the World Reference Base for Soil Resources (WRB) classification these include Leptosols, Vertisols, Kastanozems, Chernozems, Phaeozems, Luvisols, Alisols, Albeluvisols, Solonetz, Calcisols, Gypsisols, Umbrisols, Cambisols, Regosols; in USDA classification includes Mollisols, Vertisols, high-base status Alfisols, Aridisols, Inceptisols).

² Soils with low activity clay (LAC) minerals are highly weathered soils, dominated by 1:1 clay minerals and amorphous iron and aluminium oxides (in WRB classification includes Acrisols, Lixisols, Nitisols, Ferralsols, Durisols; in USDA classification includes Ultisols, Oxisols, acidic Alfisols).

³ Includes all soils (regardless of taxonomic classification) having > 70% sand and < 8% clay, based on standard textural analyses (in WRB classification includes Arenosols,; in USDA classification includes Psamments).

⁴ Soils exhibiting strong podzolization (in WRB classification includes Podzols; in USDA classification Spodosols)

⁵ Soils derived from volcanic ash with allophanic mineralogy (in WRB classification Andosols; in USDA classification Andisols)

⁶ Soils with restricted drainage leading to periodic flooding and anaerobic conditions (in WRB classification Gleysols; in USDA classification Aquic suborders).

TABLE 3.3.4 RELATIVE STOCK CHANGE FACTORS (F_{LU} , F_{MG} , AND F_D) (OVER 20 YEARS) FOR DIFFERENT MANAGEMENT ACTIVITIES ON CROPLAND [SEE SECTION 3.3.7 FOR METHODS AND DATA SOURCES USED IN FACTOR DERIVATION]							
Factor value type	Level	Temperature regime	'96 IPCC default	Moisture Regime ¹	GPG revised default	Error ^{2,3}	Description
Land use (F_{LU})	Long-term cultivated	Temperate	0.7, 0.6 ⁴	Dry	0.82	± 10%	Represents area that has been continuously managed for >20 yrs. to predominantly annual crops. Input and tillage factors are also applied to estimate carbon stock changes. Land use factor was estimated relative to use of full tillage and nominal ("medium") carbon input levels.
				Wet	0.71	± 12%	
		Tropical	0.6, 0.5	Dry	0.69	± 38%	
				Wet	0.58	± 42%	
Land use (F_{LU})	Paddy rice	Temperate and Tropical	1.1	Dry and Wet	1.1	± 90%	Long-term (> 20 year) annual cropping of wetland (paddy rice). Can include double-cropping with non-flooded crops. For paddy rice, tillage and input factors are not used.
Land use (F_{LU})	Set aside (< 20 yrs)	Temperate and Tropical	0.8	Dry	0.93	± 10%	Represents temporary set aside of annually cropland (e.g. conservation reserves) or other idle cropland that has been revegetated with perennial grasses.
				Wet	0.82	± 18%	
Tillage (F_{MO})	Full	Temperate	1.0	Dry and Wet	1.0	NA	Substantial soil disturbance with full inversion and/or frequent (within year) tillage operations. At planting time, little (e.g. <30%) of the surface is covered by residues.
		Tropical	0.9, 0.8	Dry and Wet	1.0	NA	
Tillage (F_{MO})	Reduced	Temperate	1.05	Dry	1.03	± 6%	Primary and/or secondary tillage but with reduced soil disturbance (usually shallow and without full soil inversion). Normally leaves surface with >30% coverage by residues at planting.
				Wet	1.09	± 6%	
		Tropical	1.0	Dry	1.10	± 10%	
				Wet	1.16	± 8%	
Tillage (F_{MO})	No-till	Temperate	1.1	Dry	1.10	± 6%	Direct seeding without primary tillage, with only minimal soil disturbance in the seeding zone. Herbicides are typically used for weed control.
				Wet	1.16	± 4%	
		Tropical	1.1	Dry	1.17	± 8%	
				Wet	1.23	± 8%	
Input (F_i)	Low	Temperate	0.9	Dry	0.92	± 4%	Low residue return due to removal of residues (via collection or burning), frequent bare-fallowing or production of crops yielding low residues (e.g. vegetables, tobacco, cotton)
				Wet	0.91	± 8%	
		Tropical	0.8	Dry	0.92	± 4%	
				Wet	0.91	± 4%	
Input (F_i)	Medium	Temperate	1.0	Dry and Wet	1.0	NA	Representative for annual cropping with cereals where all crop residues are returned to the field. If residues are removed then supplemental organic matter (e.g. manure) is added.
		Tropical	0.9	Dry and Wet	1.0	NA	
Input (F_i)	High – without manure	Temperate and Tropical	1.1	Dry	1.07	± 10%	Represents significantly greater crop residue inputs due to production of high residue yielding crops, use of green manures, cover crops, improved vegetated fallows, frequent use of perennial grasses in annual crop rotations, but without manure applied (see row below)
				Wet	1.11	± 10%	
Input (F_i)	High – with manure	Temperate and Tropical	1.2	Dry	1.34	± 12%	Represents high input of crop residues together with regular addition of animal manure (see row above).
				Wet	1.38	± 8%	

¹ Where data were sufficient, separate values were determined for temperate and tropical temperature regimes and dry and wet moisture regimes. Temperate and tropical zones correspond to those defined in the Chapter 3 introduction (3.1); wet moisture regime corresponds to the combined moist and wet zones in the tropics and wet zone temperate region (see Figure 3.1.3); dry zone is the same as defined Figure 3.1.3.

² ± two standard deviations, expressed as a percent of the mean; where sufficient studies were not available for a statistical analysis a default, based on expert judgement, of ± 50% is used. NA denotes "Not Applicable", where factor values constitute defined reference values.

³ This error range does not include potential systematic error due to small sample sizes that may not be representative of the true impact for all regions of the world.

⁴ The second value applies to the Aquic soil class as defined in the *IPCC Guidelines*. No significant differences were found for different soil types in the updated estimates produced here for the *Good Practice Guidance*.

IPCC Climate zone	Peak aboveground live biomass (tonnes d.m. ha ⁻¹)			Aboveground net primary production (ANPP) (tonnes d.m. ha ⁻¹ yr ⁻¹)		
	Average	No. of studies	Error ¹	Average	No. of studies	Error ¹
Boreal - Dry & Wet ²	1.7	3	± 75%	1.8	5	± 75%
Cold Temperate - Dry	1.7	10	± 75%	2.2	18	± 75%
Cold Temperate -Wet	2.4	6	± 75%	5.6	17	± 75%
Warm Temperate – Dry	1.6	8	± 75%	2.4	21	± 75%
Warm Temperate –Wet	2.7	5	± 75%	5.8	13	± 75%
Tropical - Dry	2.3	3	± 75%	3.8	13	± 75%
Tropical - Moist & Wet	6.2	4	± 75%	8.2	10	± 75%

Data for standing live biomass are compiled from multi-year averages reported at grassland sites registered in the ORNL DAAC NPP database [http://www.daac.ornl.gov/NPP/html_docs/npp_site.html]. Estimates for above-ground primary production are from: Olson, R. J., J. M. O. Scurlock, S. D. Prince, D. L. Zheng, and K. R. Johnson (eds.). 2001. NPP Multi-Biome: NPP and Driver Data for Ecosystem Model-Data Intercomparison. Sources available on-line at [http://www.daac.ornl.gov/NPP/html_docs/EMDI_des.html].

¹ Represents a nominal estimate of error, equivalent to two times standard deviation, as a percentage of the mean.

² Due to limited data, dry and moist zones for the boreal temperature regime and moist and wet zones for the tropical temperature regime were combined.

	Vegetation type	Approximate IPCC climate zone ¹	R:S ratio	n	Error ²
Grassland	Steppe/tundra/prairie grassland	Boreal (Dry & Wet), Cold Temperate Wet, Warm Temperate Wet	4.0	7	± 150%
	Semi-arid grassland	Dry (Cold Temperate, Warm Temperate and Tropical)	2.8	9	± 95%
	Sub-tropical/ tropical grassland	Tropical Moist & Wet	1.6	7	± 130%
Other	Woodland/savanna		0.5	19	± 80%
	Shrubland		2.8	9	± 144%

¹ Classification of the source data was by grassland biome types and thus correspondence to the IPCC climate zones are approximations.

² Error estimates are given as two times standard deviation, as a percentage of the mean.

Tablas. IPCC GPG AFOLU 2006

TABLE 2.3 DEFAULT REFERENCE (UNDER NATIVE VEGETATION) SOIL ORGANIC C STOCKS (SOC_{REF}) FOR MINERAL SOILS (TONNES C HA⁻¹ IN 0-30 CM DEPTH)						
Climate region	HAC soils ¹	LAC soils ²	Sandy soils ³	Spodic soils ⁴	Volcanic soils ⁵	Wetland soils ⁶
Boreal	68	NA	10 [#]	117	20 [#]	146
Cold temperate, dry	50	33	34	NA	20 [#]	87
Cold temperate, moist	95	85	71	115	130	
Warm temperate, dry	38	24	19	NA	70 [#]	88
Warm temperate, moist	88	63	34	NA	80	
Tropical, dry	38	35	31	NA	50 [#]	86
Tropical, moist	65	47	39	NA	70 [#]	
Tropical, wet	44	60	66	NA	130 [#]	
Tropical montane	88*	63*	34*	NA	80*	

Note: Data are derived from soil databases described by Jobbagy and Jackson (2000) and Bernoux *et al.* (2002). Mean stocks are shown. A nominal error estimate of ±90% (expressed as 2x standard deviations as percent of the mean) are assumed for soil-climate types. NA denotes 'not applicable' because these soils do not normally occur in some climate zones.

[#] Indicates where no data were available and default values from 1996 IPCC Guidelines were retained.

* Data were not available to directly estimate reference C stocks for these soil types in the tropical montane climate so the stocks were based on estimates derived for the warm temperate, moist region, which has similar mean annual temperatures and precipitation.

¹ Soils with high activity clay (HAC) minerals are lightly to moderately weathered soils, which are dominated by 2:1 silicate clay minerals (in the World Reference Base for Soil Resources (WRB) classification these include Leptosols, Vertisols, Kastanozems, Chernozems, Phaeozems, Luvisols, Alisols, Albeluvisols, Solonetz, Calcisols, Gypsisols, Umbrisols, Cambisols, Regosols; in USDA classification includes Mollisols, Vertisols, high-base status Alfisols, Aridisols, Inceptisols).

² Soils with low activity clay (LAC) minerals are highly weathered soils, dominated by 1:1 clay minerals and amorphous iron and aluminium oxides (in WRB classification includes Acrisols, Lixisols, Nitisols, Ferralsols, Durisols; in USDA classification includes Ultisols, Oxisols, acidic Alfisols).

³ Includes all soils (regardless of taxonomic classification) having > 70% sand and < 8% clay, based on standard textural analyses (in WRB classification includes Arenosols; in USDA classification includes Psamments).

⁴ Soils exhibiting strong podzolization (in WRB classification includes Podzols; in USDA classification Spodosols)

⁵ Soils derived from volcanic ash with allophanic mineralogy (in WRB classification Andosols; in USDA classification Andisols)

⁶ Soils with restricted drainage leading to periodic flooding and anaerobic conditions (in WRB classification Gleysols; in USDA classification Aquic suborders).

TABLE 4.4 RATIO OF BELOW-GROUND BIOMASS TO ABOVE-GROUND BIOMASS (R)				
Domain	Ecological zone	Above-ground biomass	R [tonne root d.m. (tonne shoot d.m.) ⁻¹]	References
Tropical	Tropical rainforest		0.37	Fittkau and Klinge, 1973
	Tropical moist deciduous forest	above-ground biomass <125 tonnes ha ⁻¹	0.20 (0.09 - 0.25)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		above-ground biomass >125 tonnes ha ⁻¹	0.24 (0.22 - 0.33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Tropical dry forest	above-ground biomass <20 tonnes ha ⁻¹	0.56 (0.28 - 0.68)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		above-ground biomass >20 tonnes ha ⁻¹	0.28 (0.27 - 0.28)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Tropical shrubland		0.40	Poupon, 1980
Tropical mountain systems		0.27 (0.27 - 0.28)	Singh <i>et al.</i> , 1994	
Subtropical	Subtropical humid forest	above-ground biomass <125 tonnes ha ⁻¹	0.20 (0.09 - 0.25)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		above-ground biomass >125 tonnes ha ⁻¹	0.24 (0.22 - 0.33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Subtropical dry forest	above-ground biomass <20 tonnes ha ⁻¹	0.56 (0.28 - 0.68)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		above-ground biomass >20 tonnes ha ⁻¹	0.28 (0.27 - 0.28)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Subtropical steppe		0.32 (0.26 - 0.71)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
Subtropical mountain systems		no estimate available		
Temperate	Temperate oceanic forest, Temperate continental forest, Temperate mountain systems	conifers above-ground biomass < 50 tonnes ha ⁻¹	0.40 (0.21 - 1.06)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		conifers above-ground biomass 50-150 tonnes ha ⁻¹	0.29 (0.24 - 0.50)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		conifers above-ground biomass > 150 tonnes ha ⁻¹	0.20 (0.12 - 0.49)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		Quercus spp. above-ground biomass >70 tonnes ha ⁻¹	0.30 (0.20 - 1.16)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		Eucalyptus spp. above-ground biomass < 50 tonnes ha ⁻¹	0.44 (0.29 - 0.81)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		Eucalyptus spp. above-ground biomass 50-150 tonnes ha ⁻¹	0.28 (0.15 - 0.81)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		Eucalyptus spp. above-ground biomass > 150 tonnes ha ⁻¹	0.20 (0.10 - 0.33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		other broadleaf above-ground biomass < 75 tonnes ha ⁻¹	0.46 (0.12 - 0.93)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		other broadleaf above-ground biomass 75-150 tonnes ha ⁻¹	0.23 (0.13 - 0.37)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		other broadleaf above-ground biomass >150 tonnes ha ⁻¹	0.24 (0.17 - 0.44)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
Boreal	Boreal coniferous forest, Boreal tundra woodland, Boreal mountain systems	above-ground biomass <75 tonnes ha ⁻¹	0.39 (0.23 - 0.96)	Li <i>et al.</i> , 2003; Mokany <i>et al.</i> , 2006
		above-ground biomass >75 tonnes ha ⁻¹	0.24 (0.15 - 0.37)	Li <i>et al.</i> , 2003; Mokany <i>et al.</i> , 2006

TABLE 6.1 DEFAULT EXPANSION FACTORS OF THE RATIO OF BELOW-GROUND BIOMASS TO ABOVE-GROUND BIOMASS (R) FOR THE MAJOR GRASSLAND ECOSYSTEMS OF THE WORLD					
Land-use category	Vegetation type	Approximate IPCC climate zone ¹	R [tonne d.m. below-ground biomass (tonne d.m. above-ground biomass) ⁻¹]	n	Error ²
Grassland	Steppe/tundra/prairie grassland	Boreal – Dry & Wet Cold Temperate – Wet Warm Temperate – Wet	4.0	7	± 150%
	Semi-arid grassland	Cold Temperate – Dry Warm Temperate – Dry Tropical – Dry	2.8	9	± 95%
	Sub-tropical/ tropical grassland	Tropical – Moist & Wet	1.6	7	± 130%
Other	Woodland/savannah		0.5	19	± 80%
	Shrubland		2.8	9	± 144%

¹ Classification of the source data was by grassland biome types and thus correspondence to the IPCC climate zones are approximations.

² Error estimates are given as two times standard deviation, as a percentage of the mean.

TABLE 6.2 RELATIVE STOCK CHANGE FACTORS FOR GRASSLAND MANAGEMENT					
Factor	Level	Climate regime	IPCC default	Error ^{1,2}	Definition
Land use (F _{LU})	All	All	1.0	NA	All permanent grassland is assigned a land-use factor of 1.
Management (F _{MG})	Nominally managed (non-degraded)	All	1.0	NA	Represents non-degraded and sustainably managed grassland, but without significant management improvements.
Management (F _{MG})	Moderately degraded grassland	Temperate /Boreal	0.95	± 13%	Represents overgrazed or moderately degraded grassland, with somewhat reduced productivity (relative to the native or nominally managed grassland) and receiving no management inputs.
		Tropical	0.97	± 11%	
		Tropical Montane ³	0.96	± 40%	
Management (F _{MG})	Severely degraded	All	0.7	± 40%	Implies major long-term loss of productivity and vegetation cover, due to severe mechanical damage to the vegetation and/or severe soil erosion.
Management (F _{MG})	Improved grassland	Temperate /Boreal	1.14	± 11%	Represents grassland which is sustainably managed with moderate grazing pressure and that receive at least one improvement (e.g., fertilization, species improvement, irrigation).
		Tropical	1.17	± 9%	
		Tropical Montane ³	1.16	± 40%	
Input (applied only to improved grassland) (F _I)	Medium	All	1.0	NA	Applies to improved grassland where no additional management inputs have been used.
Input (applied only to improved grassland) (F _I)	High	All	1.11	± 7%	Applies to improved grassland where one or more additional management inputs/improvements have been used (beyond that is required to be classified as improved grassland).
¹ ± two standard deviations, expressed as a percent of the mean; where sufficient studies were not available for a statistical analysis a default, based on expert judgement, of ± 40% is used as a measure of the error. NA denotes 'Not Applicable', for factor values that constitute reference values or nominal practices for the input or management classes. ² This error range does not include potential systematic error due to small sample sizes that may not be representative of the true impact for all regions of the world. ³ There were not enough studies to estimate stock change factors for mineral soils in the tropical montane climate region. As an approximation, the average stock change between the temperate and tropical regions was used to approximate the stock change for the tropical montane climate. Note: See Annex 6A.1 for estimation of default stock change factors for mineral soil C emissions/removals for Grassland.					

TABLE 10.10
ENTERIC FERMENTATION EMISSION FACTORS FOR TIER 1 METHOD¹
(KG CH₄ HEAD⁻¹ YR⁻¹)

Livestock	Developed countries	Developing countries	Liveweight
Buffalo	55	55	300 kg
Sheep	8	5	65 kg - developed countries; 45 kg - developing countries
Goats	5	5	40 kg
Camels	46	46	570 kg
Horses	18	18	550 kg
Mules and Asses	10	10	245 kg
Deer	20	20	120 kg
Alpacas	8	8	65 kg
Swine	1.5	1.0	
Poultry	Insufficient data for calculation	Insufficient data for calculation	
Other (e.g., Llamas)	To be determined ¹	To be determined ¹	

All estimates have an uncertainty of ± 30 -50%.

Sources: Emission factors for buffalo and camels from Gibbs and Johnson (1993). Emission factors for other livestock from Crutzen *et al.*, (1986), Alpacas from Pinares-Patino *et al.*, 2003; Deer from Clark *et al.*, 2003 .

¹ One approach for developing the approximate emission factors is to use the Tier 1 emissions factor for an animal with a similar digestive system and to scale the emissions factor using the ratio of the weights of the animals raised to the 0.75 power. Liveweight values have been included for this purpose. Emission factors should be derived on the basis of characteristics of the livestock and feed of interest and should not be restricted solely to within regional characteristics.

TABLE 10.11
TIER 1 ENTERIC FERMENTATION EMISSION FACTORS FOR CATTLE¹

Regional characteristics	Cattle category	Emission factor ² (kg CH ₄ head ⁻¹ yr ⁻¹)	Comments
North America: Highly productive commercialized dairy sector feeding high quality forage and grain. Separate beef cow herd, primarily grazing with feed supplements seasonally. Fast-growing beef steers/heifers finished in feedlots on grain. Dairy cows are a small part of the population.	Dairy	121	Average milk production of 8,400 kg head ⁻¹ yr ⁻¹ .
	Other Cattle	53	Includes beef cows, bulls, calves, growing steers/heifers, and feedlot cattle.
Western Europe: Highly productive commercialised dairy sector feeding high quality forage and grain. Dairy cows also used for beef calf production. Very small dedicated beef cow herd. Minor amount of feedlot feeding with grains.	Dairy	109	Average milk production of 6,000 kg head ⁻¹ yr ⁻¹ .
	Other Cattle	57	Includes bulls, calves, and growing steers/heifers.
Eastern Europe: Commercialised dairy sector feeding mostly forages. Separate beef cow herd, primarily grazing. Minor amount of feedlot feeding with grains.	Dairy	89	Average milk production of 2,550 kg head ⁻¹ yr ⁻¹ .
	Other Cattle	58	Includes beef cows, bulls, and young.
Oceania: Commercialised dairy sector based on grazing. Separate beef cow herd, primarily grazing rangelands of widely varying quality. Growing amount of feedlot feeding with grains. Dairy cows are a small part of the population.	Dairy	81	Average milk production of 2,200 kg head ⁻¹ yr ⁻¹ .
	Other Cattle	60	Includes beef cows, bulls, and young.
Latin America: Commercialised dairy sector based on grazing. Separate beef cow herd grazing pastures and rangelands. Minor amount of feedlot feeding with grains. Growing non-dairy cattle comprise a large portion of the population.	Dairy	63	Average milk production of 800 kg head ⁻¹ yr ⁻¹ .
	Other Cattle	56	Includes beef cows, bulls, and young.
Asia: Small commercialised dairy sector. Most cattle are multi-purpose, providing draft power and some milk within farming regions. Small grazing population. Cattle of all types are smaller than those found in most other regions.	Dairy	61	Average milk production of 1,650 kg head ⁻¹ yr ⁻¹ .
	Other Cattle	47	Includes multi-purpose cows, bulls, and young.
Africa and Middle East: Commercialised dairy sector based on grazing with low production per cow. Most cattle are multi-purpose, providing draft power and some milk within farming regions. Some cattle graze over very large areas. Cattle are smaller than those found in most other regions.	Dairy	40	Average milk production of 475 kg head ⁻¹ yr ⁻¹ .
	Other Cattle	31	Includes multi-purpose cows, bulls, and young.
Indian Subcontinent: Commercialised dairy sector based on crop by-product feeding with low production per cow. Most bullocks provide draft power and cows provide some milk in farming regions. Small grazing population. Cattle in this region are the smallest compared to cattle found in all other regions.	Dairy	51	Average milk production of 900 kg head ⁻¹ yr ⁻¹ .
	Other Cattle	27	Includes cows, bulls, and young. Young comprise a large portion of the population.

¹ Emission factors should be derived on the basis of the characteristics of the cattle and feed of interest and need not be restricted solely to within regional characteristics.

² IPCC Expert Group, values represent averages within region, where applicable the use of more specific regional milk production data is encouraged. Existing values were derived using Tier 2 method and the data in Tables 10 A.1 and 10A. 2.

Regional characteristics	Livestock species	CH ₄ emission factors by average annual temperature (°C) ^b																									
		Cool					Temperate															Warm					
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28							
North America: Liquid-based systems are commonly used for dairy cows and swine manure. Other cattle manure is usually managed as a solid and deposited on pastures or ranges.	Dairy Cows	48	50	53	55	58	63	65	68	71	74	78	81	85	89	93	98	105	110	112							
	Other Cattle	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
	Market Swine	10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	17	18	18	19	20	22	23	23							
	Breeding Swine	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	31	32	34	35	37	39	41	44	45							
Western Europe: Liquid/slurry and pit storage systems are commonly used for cattle and swine manure. Limited cropland is available for spreading manure.	Dairy Cows	21	23	25	27	29	34	37	40	43	47	51	55	59	64	70	75	83	90	92							
	Other Cattle	6	7	7	8	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	24	25	26							
	Market Swine	6	6	7	7	8	9	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	21							
	Breeding Swine	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	22	23	25	27	29	32	33							
	Buffalo	4	4	5	5	5	6	7	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17							
Eastern Europe: Solid based systems are used for the majority of manure. About one-third of livestock manure is managed in liquid-based systems.	Dairy Cows	11	12	13	14	15	20	21	22	23	25	27	28	30	33	35	37	42	45	46							
	Other Cattle	6	6	7	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	23	23							
	Market Swine	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	10	10	10							
	Breeding Swine	4	5	5	5	5	6	7	7	7	8	8	9	9	10	11	12	16	17	17							
	Buffalo	5	5	5	6	6	7	8	8	9	10	11	11	12	13	15	16	17	19	19							
Oceania: Most cattle manure is managed as a solid on pastures and ranges, except dairy cows where there is some usage of lagoons. About half of the swine manure is managed in anaerobic lagoons.	Dairy Cows	23	24	25	26	26	27	28	28	28	29	29	29	29	29	30	30	31	31	31							
	Other Cattle	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
	Market Swine	11	11	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13								
	Breeding Swine	20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24								
Latin America: Almost all livestock manure is managed as a solid on pastures and ranges. Buffalo manure is deposited on pastures and ranges.	Dairy Cows	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	Other Cattle	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	Swine	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2								
	Buffalo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2								

Regional characteristics	Livestock species	CH ₄ emission factors by average annual temperature (°C) ^b																									
		Cool					Temperate															Warm					
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28							
Africa: Most livestock manure is managed as a solid on pastures and ranges. A smaller, but significant fraction is burned as fuel.	Dairy Cows	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	Other Cattle	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	Swine	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2								
Middle East: Over two-thirds of cattle manure is deposited on pastures and ranges. About one-third of swine manure is managed in liquid-based systems. Buffalo manure is burned for fuel or managed as a solid.	Dairy Cows	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3								
	Other Cattle	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	Swine	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6							
	Buffalo	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5								
Asia: About half of cattle manure is used for fuel with the remainder managed in dry systems. Almost 40% of swine manure is managed as a liquid. Buffalo manure is managed in drylots and deposited in pastures and ranges.	Dairy Cows	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	23	24	26	28	31	31							
	Other Cattle	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
	Swine	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7							
	Buffalo	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
Indian Subcontinent: About half of cattle and buffalo manure is used for fuel with the remainder managed in dry systems. About one-third of swine manure is managed as a liquid.	Dairy Cows	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6								
	Other Cattle	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
	Swine	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6								
	Buffalo	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5								

Source: See Annex 10A.2, Tables 10A-4 to 10A-8 for derivation of these emission factors. The uncertainty in these emission factors is ±30 %.

^a When selecting a default emission factor, be sure to consult the supporting tables in Annex 10A.2 for the distribution of manure management systems and animal waste characteristics used to estimate emissions. Select an emission factor for a region that most closely matches your own in these characteristics.

^b All temperatures are not necessarily represented within every region. For example, there are no significant warm areas in Eastern or Western Europe. Similarly, there are no significant cool areas in Africa and the Middle East.

Note: Significant buffalo populations do not exist in North America, Oceania, or Africa.

TABLE 10.16 MANURE MANAGEMENT METHANE EMISSION FACTORS FOR DEER, REINDEER, RABBITS, AND FUR-BEARING ANIMALS	
Livestock	CH ₄ emission factor (kg CH ₄ head ⁻¹ yr ⁻¹)
Deer ^a	0.22
Reindeer ^b	0.36
Rabbits ^c	0.08
Fur-bearing animals (e.g., fox, mink) ^b	0.68
The uncertainty in these emission factors is ±30 %.	
^a Sneath <i>et al.</i> (1997)	
^b Estimations of Agricultural University of Norway, Institute of Chemistry and Biotechnology, Section for Microbiology.	
^c Judgement of the IPCC Expert Group	

ANEXO 3. Tool for the demonstration and assessment of additionality in A/R CDM project activities

1. An afforestation or reforestation project activity under the CDM is additional if the actual net greenhouse gas removals by sinks are increased above the sum of the changes in carbon stocks in the carbon pools within the project boundary that would have occurred in the absence of the registered CDM afforestation or reforestation project activity, in accordance with paragraphs 18–22 of Modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol (contained in the annex to Decision 19/CP.9).
2. This document provides for a step-wise approach to demonstrate additionality in A/R CDM projects. These steps include:
 - Identification of alternatives to the A/R project activity (the possible baselines);
 - Investment analysis to determine that the proposed project activity is not the most economically or financially attractive; or
 - Barriers analysis; and
 - Impact of registration of the proposed afforestation or reforestation (A/R) project activity as an A/R CDM project activity.
3. The steps are summarized in the flowchart at the end of this document.
4. The document provides a general framework for demonstrating additionality and is to be applicable to a wide range of project types. Particular project types may require adjustments to this framework.
5. The use of this tool to assess and determine additionality does not replace the need for the baseline methodology to provide for a stepwise approach justifying the selection and determination of the most plausible baseline scenario alternatives. Project participants proposing new baseline methodologies shall ensure consistency between the determination of additionality of a project activity and the determination of a baseline scenario.
6. Project participants proposing new baseline methodologies may incorporate this consolidated tool in their proposal. Project participants may also propose other tools for the demonstration of additionality to the Executive Board for its consideration.
7. The use of this tool is not applicable for small- scale afforestation and reforestation project activities.

Step 0. Preliminary screening based on the starting date of the A/R project activity

1. Project participants shall:
 - Provide evidence that the starting date of the A/R CDM project activity was after 31 December 1999
 - Provide evidence that the incentive from the planned sale of GHG emission allowances was seriously considered in the decision to proceed with the project activity. This evidence shall be

based on (preferably official, legal and/or other corporate) documentation that was available to third parties at, or prior to, the start of the project activity.

Step 0a. Preliminary screening based on the specific features of A/R activity

2. Project participants shall provide evidence that the land within the planned project boundary is eligible as the A/R CDM project activity.
 - Land eligibility as non-forested lands needs to be proven applying the host country's national thresholds for forest definition under Decision 11/CP.7 as communicated by the respective DNA.
 - The eligibility of land for A/R CDM project activity may be demonstrated verifiable information relating to the situation before 1990 using (a) aerial photographs or satellite imagery complemented by ground reference data; or (b) ground based surveys (land use permits, land use plans or information from local registers such as cadastre, owners register, land use or land management register); or (c) if options (a) and (b) are not available/applicable, project participants shall submit a written testimony which was produced by following a participatory rural appraisal methodology¹.
 - This evidence shall be supplemented by a survey of posterior land-use in cases where land cover before 1990 alone is not sufficient to distinguish between forests and non-forests (e.g., bare lands that may have been forests due to forest regeneration under way).

3. Project participants shall provide evidence that the project activity is directly human-induced (e.g. through planting, seeding and/or the human-induced promotion of natural seed sources or root stocks) and not a mere continuation of the pre-project spontaneous processes.
 - Evidence shall be based on a concrete attribution of the planned activities to the establishment of a forest on non-forested lands that would otherwise not convert to forest.
 - In case the activity consists in preventing disturbances (e.g. invasion, fire), continuity of the disturbance risk during the project lifetime needs to be proven and monitored by the project participants.
 - Project participants further need to prove that the planned activity leads to the establishment of forest under the host country's national thresholds for forest definition under Decision 11/CP.7 as communicated by the respective DNA.

¹ Participatory rural appraisal (PRA) is an approach to the analysis of local problems and the formulation of tentative solutions with local stakeholders. It makes use of a wide range of visualisation methods for group-based analysis to deal with spatial and temporal aspects of social and environmental problems.

Step 1. Identification of alternatives to the A/R project activity consistent with the current laws and regulations

(Note: In accordance with guidance by the Executive Board, consistency is to be ensured between “baseline scenario” and “baseline removals by sinks”². The use of this tool to assess and determine additionality does not replace the need for the baseline methodology to provide for a stepwise approach justifying the selection and determination of the most plausible baseline scenario alternatives. Project participants proposing new baseline methodologies shall ensure consistency between the determination of additionality of a project activity and the determination of a baseline scenario.)

1. Define realistic and credible alternatives³ to the project activity(ies) that can be (part of) the baseline scenario through the following sub-steps

Sub-step 1a. Define alternatives to the project activity:

2. Identify realistic and credible land-use alternative(s) available to the project participants or similar project developers⁴. These alternatives are to include:

- The proposed project activity not undertaken as a A/R CDM project activity;
- Other plausible and credible land-use alternatives to the project activity deemed appropriate with respect to location, size, funds, expertise requirements, etc. This may include the alternatives that represent an economically attractive course of action, taking into account barriers to investment or the most likely land-use at the time the project starts, as well as common land-use practices applied in the region where the proposed project is located.
- If applicable, continuation of the current situation (no project activity or other alternatives undertaken) or reverting to historical situation.

Sub-step 1b. Enforcement of applicable laws and regulations:

3. The alternative(s) shall be in compliance with all applicable legal and regulatory requirements, even if these laws and regulations have objectives other than land-use and related regulations, e.g. conservation of biodiversity, soil and water resources protection / conservation, tax and investment regulations, mitigation of air pollution.⁵ (This sub-step does not consider national and local policies that have been implemented since the adoption of the modalities and procedures for the CDM⁶).

² Please refer to the Glossary of A/R CDM terms contained in the “Guidelines for completing CDM-AR-PDD, CDM-AR-NMB and CDM-AR-NMM” (<http://cdm.unfccc.int/Reference/Documents>).

³ Reference to “alternatives” throughout this document denotes “alternative scenarios”. Please follow guidance offered by Decision 19/CP.9.

⁴ For example, continuation of the pre-project land-use or switch to land-use typical for region where the A/R CDM project is planned to be located, establishing agricultural plantation, tourist resort, hunting area/farm, utilizing regionally typical forms of funds investment or other economically attractive activities.

⁵ For example, an alternative consisting of intensive agriculture with extended use of herbicides and nutrients would be non-complying in an area where this scenario would imply violations of e.g. water protection regulations.

⁶ If the national and/or sectoral policies or regulations were implemented since the adoption by the COP of the CDM M&P (decision 17/CP.7, 11 November 2001), then, these policies may not be taken into account in the baseline determination based on Annex 3 to the report of the EB at its sixteenth meeting. See: <http://cdm.unfccc.int/EB/Meetings/016/eb16repan3.pdf>

4. If an alternative does not comply with all applicable legislation and regulations, then show that, based on an examination of current practice in the country or region in which the law or regulation applies, those applicable legal or regulatory requirements are systematically not enforced. Specify smallest administrative unit in the host country that encompasses the project area and check whether non-compliance with the legislation and regulation is widespread (prevalent on at least 50% of land covered by the legislation and regulation). If this cannot be shown, eliminate the alternative from further consideration.

5. If the proposed project activity is the only alternative amongst the ones considered by the project participants that is in compliance with all regulations with which there is general compliance, then the proposed A/R CDM project activity is not additional.⁷

Sub-step 1c. Selection of the baseline scenario:

6. The baseline methodology that would use this tool shall provide for a stepwise approach justifying the selection and determination of the most plausible baseline scenario alternatives.

→ *Proceed to Step 2 (Investment analysis) or Step 3 (Barrier analysis), as it is necessary to undertake at least one of them.*

Step 2. Investment analysis

1. Determine whether the proposed project activity, without the revenue from the sale of temporary CERs (tCERs) or long-term CERs (lCERs), is economically or financially less attractive than other alternatives. Investment analysis may be performed as a stand-alone additionality analysis or in connection to the Barrier analysis (Step 3). To conduct the investment analysis, use the following sub-steps:

Sub-step 2a. Determine appropriate analysis method

2. Determine whether to apply simple cost analysis, investment comparison analysis or benchmark analysis (sub-step 2b). If the A/R CDM project activity generates no financial or economic benefits other than CDM related income, then apply the simple cost analysis (Option I). Otherwise, use the investment comparison analysis (Option II) or the benchmark analysis (Option III)⁸.

Sub-step 2b. – Option I. Apply simple cost analysis

3. Document the costs associated with the A/R CDM project activity and demonstrate that the activity produces no financial benefits other than CDM related income.

→ *If it is concluded that the proposed A/R CDM project activity produces no financial benefits other than CDM related income then proceed to Step 4 (Impact of CDM Registration).*

Sub-step 2b. – Option II. Apply investment comparison analysis

⁷ This provision may be further elaborated depending on deliberation from the Board regarding requirements for the renewal of a crediting period.

⁸ Option I, Option II and Option III are mutually exclusive, i.e. only one can be applied by the project proponent.

4. Identify the financial indicator, such as IRR⁹, NPV, cost benefit ratio most suitable for the project type and decision-making context.

Sub-step 2b – Option III. Apply benchmark analysis

5. Identify the financial indicator, such as IRR¹⁰, NPV, cost benefit ratio, or other (e.g. required rate of return (RRR) related to investments in agriculture or forestry, bank deposit interest rate corrected for risk inherent to the project or the opportunity costs of land, such as any expected income from land speculation) most suitable for the project type and decision context. Identify the relevant benchmark value, such as the required rate of return (RRR) on equity. The benchmark is to represent standard returns in the market, considering the specific risk of the project type, but not linked to the subjective profitability expectation or risk profile of a particular project developer. Benchmarks can be derived from:

- Government bond rates, increased by a suitable risk premium to reflect private investment and/or the project type, as substantiated by an independent (financial) expert;
- Estimates of the cost of financing and required return on capital (e.g. commercial lending rates and guarantees required for the country and the type of project activity concerned), based on bankers views and private equity investors/funds' required return on comparable projects;
- A company internal benchmark (weighted average capital cost of the company) if there is only one potential project developer (e.g. when the project activity upgrades an existing activity). The project developers shall demonstrate that this benchmark has been consistently used in the past, i.e. that project activities under similar conditions developed by the same company used the same benchmark.

Sub-step 2c. Calculation and comparison of financial indicators (only applicable to options II and III):

6. Calculate the suitable financial indicator for the proposed A/R CDM project activity *without the financial benefits from the CDM* and, in the case of Option II above, for the other alternatives. Include all relevant costs (including, for example, the investment cost, the operations and maintenance costs), and revenues (excluding tCER or ICERs revenues, but including subsidies/fiscal incentives¹¹ where applicable), and, as appropriate, non-market cost and benefits in the case of public investors.

7. Present the investment analysis in a transparent manner and provide all the relevant assumptions in the CDM-AR-PDD, so that a reader can reproduce the analysis and obtain the same results. Clearly present critical economic parameters and assumptions (such as capital costs, lifetimes, and discount rate or cost of capital). Justify and/or cite assumptions in a manner that can be validated by the DOE. In calculating the financial indicator, the project's risks can be included through the cash flow pattern,

⁹ For the investment comparison analysis, IRRs can be calculated either as project IRRs or as equity IRRs. Project IRRs calculate a return based on project cash outflows and cash inflows only, irrespective the source of financing. Equity IRRs calculate a return to equity investors and therefore also consider amount and costs of available debt financing. The decision to proceed with an investment is based on returns to the investors, so equity IRR will be more appropriate in many cases. However, there will also be cases where a project IRR may be appropriate.

¹⁰ For the benchmark analysis, the IRR shall be calculated as project IRR. If there is only one potential project developer (e.g. when the project activity upgrades an existing process), the IRR shall be calculated as equity IRR.

¹¹ This provision may be further elaborated depending on deliberations by the Board on national and sectoral policies.

subject to project-specific expectations and assumptions (e.g. insurance premiums can be used in the calculation to reflect specific risk equivalents).

8. Assumptions and input data for the investment analysis shall not differ across the project activity and its alternatives, unless differences can be well substantiated.

9. Present in the AR-CDM-PDD submitted for validation a clear comparison of the financial indicator for the proposed A/R CDM project activity *without the financial benefits from the CDM* and:

Option II (investment comparison analysis): If one of the other alternatives has the better indicator (e.g. higher IRR), then the A/R CDM project activity can not be considered as the financially attractive; or

Option III (benchmark analysis): If the A/R CDM project activity has a less favourable indicator (e.g. lower IRR) than the benchmark, then the A/R CDM project activity cannot be considered as financially attractive.

→ *If it is concluded that the proposed A/R CDM project activity without the financial benefits from the CDM is not financially attractive then proceed to Step 2d (Sensitivity Analysis).*

Sub-step 2d. Sensitivity analysis

10. Include a sensitivity analysis that shows whether the conclusion regarding the financial attractiveness is robust to reasonable variations in the critical assumptions. The investment analysis provides a valid argument in favour of additionality only if it consistently supports (for a realistic range of assumptions) the conclusion that the proposed A/R CDM project activity without the financial benefits from the CDM is unlikely to be financially attractive.

- *If after the sensitivity analysis it is concluded that the proposed A/R CDM project activity without the financial benefits from the CDM is unlikely to produce an economic benefit (Option I) or to be financially attractive (Option II and Option III), then proceed directly to Step 4 (Impact of CDM registration).*
- *If after the sensitivity analysis it is concluded that the proposed A/R CDM project activity without the financial benefits from the CDM is likely to produce economic benefit (Option I) or to be financially attractive (Option II and Option III), then the project activity cannot be considered additional by means of Financial analysis. Optionally proceed to Step 3 (Barrier analysis) to prove that the proposed project activity faces barriers that do not prevent the baseline scenario(s) from occurring.*

Step 3. Barrier analysis

Barrier analysis may be performed as a stand-alone additionality analysis or as an extension of investment analysis.

1. If this step is used, determine whether the proposed project activity faces barriers that:

- Prevent the implementation of this type of proposed project activity; and

- Do not prevent the implementation of at least one of the alternatives.
2. Use the following sub-steps:

Sub-step 3a. Identify barriers that would prevent the implementation of type of the proposed project activity:

3. Establish that there are barriers that would prevent the implementation of the type of proposed project activity from being carried out if the project activity was not registered as an A/R CDM activity. Barriers that impede a project activity should not be analyzed in relation to the project participants, but solely in relation to the proposed project activity. Such barriers may include, among others:

- Investment barriers, other than the economic/financial barriers in Step 2 above, *inter alia*:
 - Debt funding is not available for this type of project activity;
 - No access to international capital markets due to real or perceived risks associated with domestic or foreign direct investment in the country where the project activity is to be implemented;
 - Lack of access to credit;
- Institutional barriers, *inter alia*:
 - Risk related to changes in government policies or laws;
 - Lack of enforcement of forest or land-use-related legislation.
- Technological barriers, *inter alia*:
 - Lack of access to planting materials
 - Lack of infrastructure for implementation of the technology.
- Barriers related to local tradition, *inter alia*:
 - Traditional knowledge or lack thereof, laws and customs, market conditions, practices;
 - Traditional equipment and technology;
- Barriers due to prevailing practice, *inter alia*:
 - The project activity is the “first of its kind”: No project activity of this type is currently operational in the host country or region.
- Barriers due to local ecological conditions, *inter alia*:
 - Degraded soil (e.g. water/wind erosion, salination, etc.);
 - Catastrophic natural and / or human-induced events (e.g. land slides, fire, etc);
 - Unfavourable meteorological conditions (e.g. early/late frost, drought);
 - Pervasive opportunistic species preventing regeneration of trees (e.g. grasses, weeds);
 - Unfavourable course of ecological succession;
 - Biotic pressure in terms of grazing, fodder collection, etc.
- Barriers due to social conditions, *inter alia*:
 - Demographic pressure on the land (e.g. increased demand on land due to population growth);
 - Social conflict among interest groups in the region where the project takes place;
 - Widespread illegal practices (e.g. illegal grazing, non-timber product extraction and tree felling);
 - Lack of skilled and/or properly trained labour force;
 - Lack of organisation of local communities.
- Barriers relating to land tenure, ownership, inheritance, and property rights, *inter alia*:
 - Communal land ownership with a hierarchy of rights for different stakeholders limits the incentives to undertake A/R activity.

- Lack of suitable land tenure legislation and regulation to support the security of tenure.
- Absence of clearly defined and regulated property rights in relation to natural resource products and services.
- Formal and informal tenure systems that increase the risks of fragmentation of land holdings
- Barriers relating to markets, transport and storage
- Unregulated and informal markets for timber, non-timber products and services prevent the transmission of effective information to project participants.
- Remoteness of A/R activities and undeveloped road and infrastructure incur large transportation expenditures, thus eroding the competitiveness and profitability of timber and non-timber products from the CDM activity.
- Possibilities of large price risk due to the fluctuations in the prices of timber and non-timber products over the project period in the absence of efficient markets and insurance mechanisms.
- Absence of facilities to convert, store and add value to production from CDM activities limits the possibilities to capture rents from the land use under A/R CDM project activity.”

4. The identified barriers are only sufficient grounds for demonstration of additionality if they would prevent potential project proponents from carrying out the proposed project activity if it was not expected to be registered as an A/R CDM project activity.

5. Provide transparent and documented evidence, and offer conservative interpretations of this documented evidence, as to how it demonstrates the existence and significance of the identified barriers. Anecdotal evidence can be included, but alone is not sufficient proof of barriers. The type of evidence to be provided may include:

- Relevant legislation, regulatory information or environmental/natural resource-management norms, acts or rules;
- Relevant (sectoral) studies or surveys (e.g. market surveys, technology studies, etc) undertaken by universities, research institutions, associations, companies, bilateral/multilateral institutions, etc;
- Relevant statistical data from national or international statistics;
- Documentation of relevant market data (e.g. market prices, tariffs, rules);
- Written documentation from the company or institution developing or implementing the A/R CDM project activity or the A/R CDM project developer, such as minutes from Board meetings, correspondence, feasibility studies, financial or budgetary information, etc;
- Documents prepared by the project developer, contractors or project partners in the context of the proposed project activity or similar previous project implementations;
- Written documentation of independent expert judgements from agriculture, forestry and other land-use related Government / Non-Government bodies or individual experts, educational institutions (e.g. universities, technical schools, training centres), professional associations and others.

Sub-step 3 b. Show that the identified barriers would not prevent the implementation of at least one of the alternatives (except the proposed project activity):

6. If the identified barriers also affect other alternatives, explain how they are affected less strongly than they affect the proposed A/R CDM project activity. In other words, explain how the identified

barriers are not preventing the implementation of at least one of the alternatives. Any alternative that would be prevented by the barriers identified in Sub-step 3a is not a viable alternative, and shall be eliminated from consideration. At least one viable alternative shall be identified.

- *If both Sub-steps 3a – 3b are satisfied, proceed to Step 4 (Impact of CDM registration)*
- *If one of the Sub-steps 3a – 3b is not satisfied then the project activity cannot be considered additional by means of barrier analysis. Optionally proceed to Step 2 (Investment analysis) to prove that the proposed A/R CDM project activity without the financial benefits from the CDM is unlikely to produce economic benefit (Option I) or to be financially attractive (Option II and Option III).*

Step 4. Impact of CDM registration

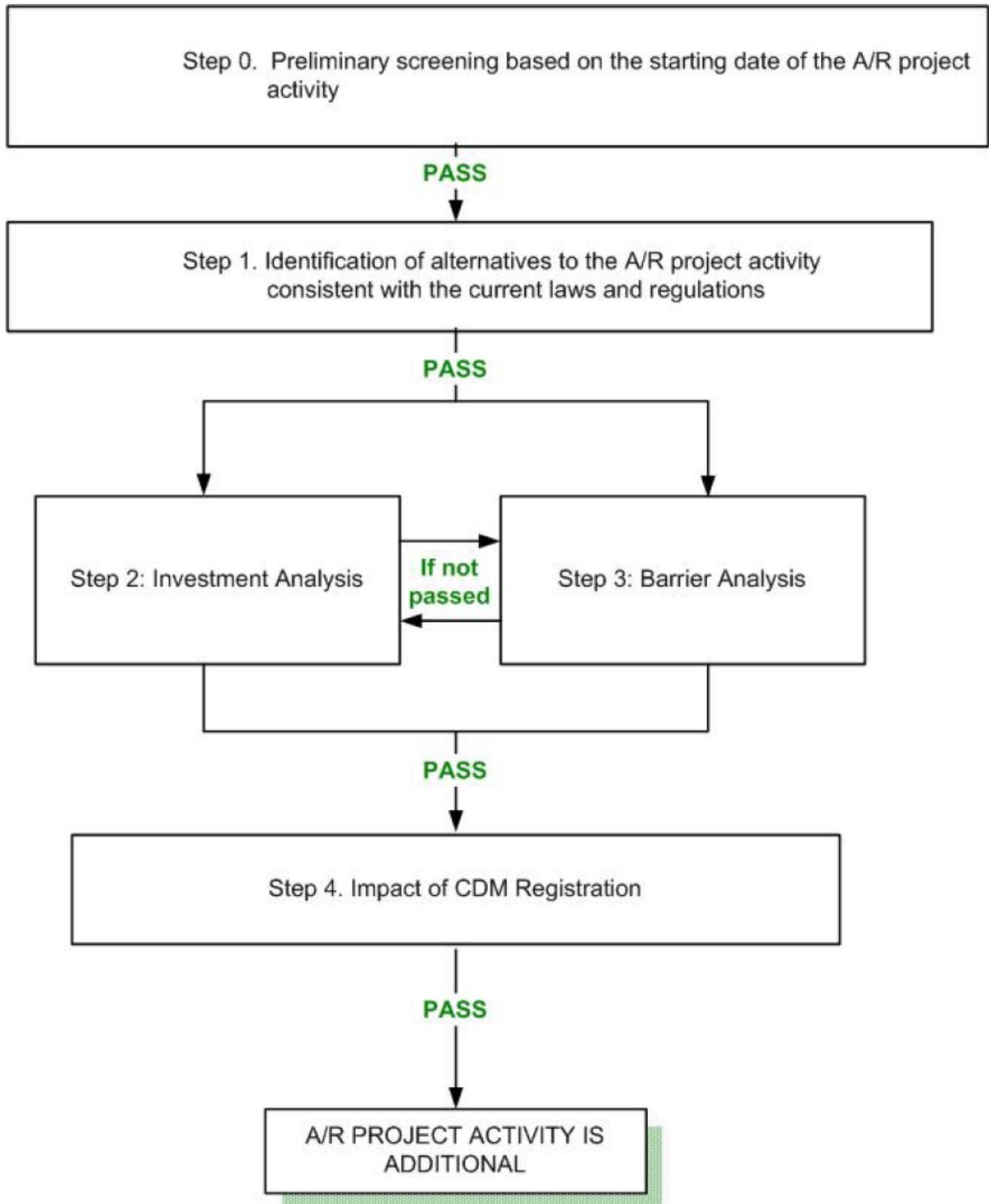
1. Explain how the approval and registration of the project activity as a A/R CDM project activity, and the attendant benefits and incentives derived from this registration, will alleviate the economic and financial hurdles (Step 2) or other identified barriers (Step 3) and thus enable the project activity to be undertaken. The benefits and incentives can be of various types, such as:

- Net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks;
- The financial benefit of the revenue obtained by selling tCERs or ICERs, including certainty and pre-defined timing of its reception;
- Attracting new players who are not exposed to the same barriers, or can accept a lower IRR (for instance because they have access to cheaper capital);
- Attracting new players who bring the capacity to implement a new technology/practice, and
- Reducing inflation /exchange rate risk affecting expected revenues and attractiveness for investors.

→ If Step 4 is satisfied, the proposed A/R CDM project activity is not the baseline scenario and, hence, it is additional.

→ If Step 4 is not satisfied, the proposed A/R CDM project activity is not additional.

Flowchart: Additionality scheme



ANEXO 4. Tool for Estimation of direct nitrous oxide emission from nitrogen fertilization

I. SCOPE, APPLICABILITY AND PARAMETERS

Scope

This tool allows for estimating direct nitrous oxide emission from applying nitrogenous fertilizer within project boundary of an A/R CDM project activity¹, for both *ex ante* and *ex post* estimation.

Applicability

This tool is not applicable when:

- A/R CDM project activities are implemented on wetlands;
- Flooding irrigation or any flood has occurred within period of 3 months from date of fertilization.

Parameters

This tool provides procedures to determine the following parameter:

Parameter	SI Unit	Description
$N_2O_{direct-N,t}$	t-CO2-e	Direct N ₂ O emission as a result of nitrogen application within the project boundary in year t

II. PROCEDURES

This tool can be used for both *ex ante* and *ex post* estimation of the nitrous oxide emissions from

¹ As per the EB decision (EB 26 para 50, <http://cdm.unfccc.int/EB/026/eb26rep.pdf>):

(a) Only direct (e.g. volatilization), and not indirect (e.g. run-off), emissions of N₂O from application of fertilizers within the project boundary shall be accounted for in A/R project activities.

(b) If the only source of N₂O emissions, which is located outside the project boundary is due to the application of fertilizer in nurseries supplying seedlings to the A/R project activity, then these N₂O emissions (either direct or indirect), may be considered as negligible.

nitrogenous fertilizer application within the boundary of an A/R CDM project activity. For *ex post* estimation purposes, activity data (quantities and nitrogen content of synthetic and organic nitrogen fertilizers) are monitored. As PPs may use various types of fertilizers, it is important to identify and record the fertilizer types applied and their nitrogen content. The direct nitrous oxide emissions from nitrogen fertilization can be estimated using equations as follows:

$$N_2O_{direct-N,t} = (F_{SN,t} + F_{ON,t}) \cdot EF_1 \cdot MW_{N_2O} \cdot GWP_{N_2O} \quad (1)$$

$$F_{SN,t} = \sum_i^I M_{SF_i,t} \cdot NC_{SF_i} \cdot (1 - Frac_{GASF}) \quad (2)$$

$$F_{ON,t} = \sum_j^J M_{OF_j,t} \cdot NC_{OF_j} \cdot (1 - Frac_{GASM}) \quad (3)$$

Where:

$N_2O_{direct-N,t}$	Direct N ₂ O emission as a result of nitrogen application within the project boundary, t-CO ₂ -e in year t
$F_{SN,t}$	Mass of synthetic fertilizer nitrogen applied adjusted for volatilization as NH ₃ and NO _x , t-N in year t
$F_{ON,t}$	Mass of organic fertilizer nitrogen applied adjusted for volatilization as NH ₃ and NO _x , t-N in year t
$M_{SF_i,t}$	Mass of synthetic fertilizer type i applied, tonne in year t
$M_{OF_j,t}$	Mass of organic fertilizer type j applied, tonne in year t
EF_1	Emission Factor for emissions from N inputs, tonne-N ₂ O-N (t-N input) ⁻¹
$Frac_{GASF}$	Fraction that volatilises as NH ₃ and NO _x for synthetic fertilizers, dimensionless
$Frac_{GASM}$	Fraction that volatilises as NH ₃ and NO _x for organic fertilizers, dimensionless
MW_{N_2O}	Ratio of molecular weights of N ₂ O and N (44/28), tonne-N ₂ O (t-N) ⁻¹
GWP_{N_2O}	Global Warming Potential for N ₂ O, kg-CO ₂ -e (kg-N ₂ O) ⁻¹ (IPCC default = 310, valid for the first commitment period)
NC_{SF_i}	Nitrogen content of synthetic fertilizer type i applied, g-N (100 g fertilizer) ⁻¹
NC_{OF_j}	Nitrogen content of organic fertilizer type j applied, g-N (100 g fertilizer) ⁻¹
I	Number of synthetic fertilizer types

J Number of organic fertilizer types

As noted in IPCC 2006 Guidelines (table 11.1), the default emission factor (EF_i) is 1% of applied N, and this value should be used when country-specific factors are unavailable. The default values for the fractions of synthetic and organic fertilizer nitrogen that are emitted as NO_x and NH_3 are 0.1 and 0.2 respectively in 2006 IPCC Guidelines (Table 11.3). Project participants may use emission factors from the peer reviewed scientific literature that are specific for the project area.

Data and parameters not monitored

Data Parameters	Data unit	Descriptions	Vintage	Sources	Measurement procedures (If any)	Comments
EF_i	t-N ₂ O-N (t-N input) ⁻¹	Emission Factor for emissions from N inputs	Most updated	Country-specific data, IPCC		
$Frac_{GASF}$	Dimensionless	The fraction that volatilises as NH_3 and NO_x for synthetic fertilizers	Most updated	Country-specific data, IPCC		
$Frac_{GASM}$	Dimensionless	The fraction that volatilises as NH_3 and NO_x for organic fertilizers	Most updated	Country-specific data, IPCC		
$F_{SN,i}$	t-N yr ⁻¹	Mass of synthetic fertilizer nitrogen applied adjusted for volatilization as NH_3 and NO_x	Annually	Estimated		
$F_{ON,i}$	t-N yr ⁻¹	Mass of organic fertilizer nitrogen applied adjusted for volatilization as NH_3 and NO_x	Annually	Estimated		
NC_{SFi}	g-N (100 g fertilizer) ⁻¹	Nitrogen content of synthetic fertilizer type i applied	Before the project starts	Producers of synthetic fertilizer purchased and used	Keep record of nitrogen content from producers	If producers do not provide data of nitrogen content, the nitrogen content should be determined by qualified lab.

Data / Parameters	Data unit	Descriptions	Vintage	Sources	Measurement procedures (if any)	Comments
NC_{OFj}	g-N (100 g fertilizer) ⁻¹	Nitrogen content of organic fertilizer type j applied	Before the project starts	Organic fertilizer manufacturer, or determination in lab	Standard lab procedures	

Data and parameters monitored

Data / parameter:	Data unit	Description	Source of data	Measurement procedures (if any)	Monitoring frequency	QA/QC procedures	Comments
$M_{SF,t}$	t	Mass of synthetic fertilizer type i applied in year t	Record of synthetic fertilizer purchased and used	Keep record of quantities purchased and used	Annually	Cross check with synthetic fertilizer purchased and quantity used and total area applied at project level.	
$M_{OF,t}$	t	Mass of organic fertilizer type j applied in year t	Record of organic fertilizer purchased and/or used	Keep record of quantities purchased and/or used	Annually	Cross check with organic fertilizer purchased and quantity used and total area applied at project level.	

History of the document

Version	Date	Nature of revision(s)
01	EB 33, Annex 16 27 July 2007	Initial adoption

ANEXO 5. Tool for Estimation of GHG emissions related to displacement of grazing activities in A/R CDM project activity

I. SCOPE, APPLICABILITY AND PARAMETERS

Scope

1. This tool can be used to estimate GHG emissions measurable and attributable to displacement of grazing activities caused by implementation of an A/R project activity.
2. The tool provides an annex with the default values for dry matter intake (DMI) and an equation for the calculation of DMI for livestock types. Further, it provides default values for annual net primary production (ANPP) by IPCC climate zones.

Definitions

3. For the purpose of this tool, the following definitions apply:

Zero-grazing system is defined as a system of feeding cattle or other livestock in which forage is brought to animals that are permanently housed instead of being allowed to graze. It is also sometimes called “cut-and-carry”.

Grazing activities are defined as the grazing of animals of various types on lands and/or the production of fodder for animals in a zero-grazing system.

Displacement is defined as the relocation of grazing activities from areas of land within the project boundary to lands outside the project boundary. Animals that are sold to an entity not involved in the CDM project activity do not result in displacement attributable to the A/R CDM project activity.

Displacement management plan shall accompany the PDD to accommodate grazing activities that are displaced by the CDM activity. The plan shall provide information on the number of animals by type and time of relocation from all areas of land within the A/R CDM project boundary. If project participants know the geographical location of lands outside the project boundary to which the animals will be relocated, then this information shall also be included in the displacement management plan. The plan shall allow for *inter alia* the estimation of the number of animals by type that are displaced to lands located outside the project boundary for which the detailed geographical location is unknown.

Applicability

4. This tool is applicable for estimating GHG emissions caused by the displacement of grazing animals due to implementation of an A/R CDM project activity.
5. If the grazing animals are already in a zero-grazing system or are moved to a zero-grazing system then the grazing activity that is monitored is the production of fodder.
6. The tool can be used to estimate the emissions caused by displacement to:
 - Identified Forest land;
 - Identified Cropland covered with annual crops;
 - Identified Grassland; and

- Unidentified land.

7. The tool is not applicable for estimating GHG emissions due to implementation of an A/R CDM project activity that causes displacement to:

- Cropland covered with perennial crops¹;
- Settlements²;
- Wetlands; and
- Other lands – as defined by the GPG LULUCF (i.e. bare soil, rock, ice, and all unmanaged land areas that do not fall into category of forest land, cropland, grassland, settlements or wetlands).

Assumptions

8. The tool assumes that:

- The sale of grazing animals to an entity not involved in the CDM project activity or slaughter of grazing animals does not result in leakage.
- Carbon stocks in above-ground biomass, below-ground biomass, litter and dead wood pools are emitted to the atmosphere if the displacement results in deforestation, and
- Displacement of grazing activities to unidentified lands results in deforestation.

Parameters

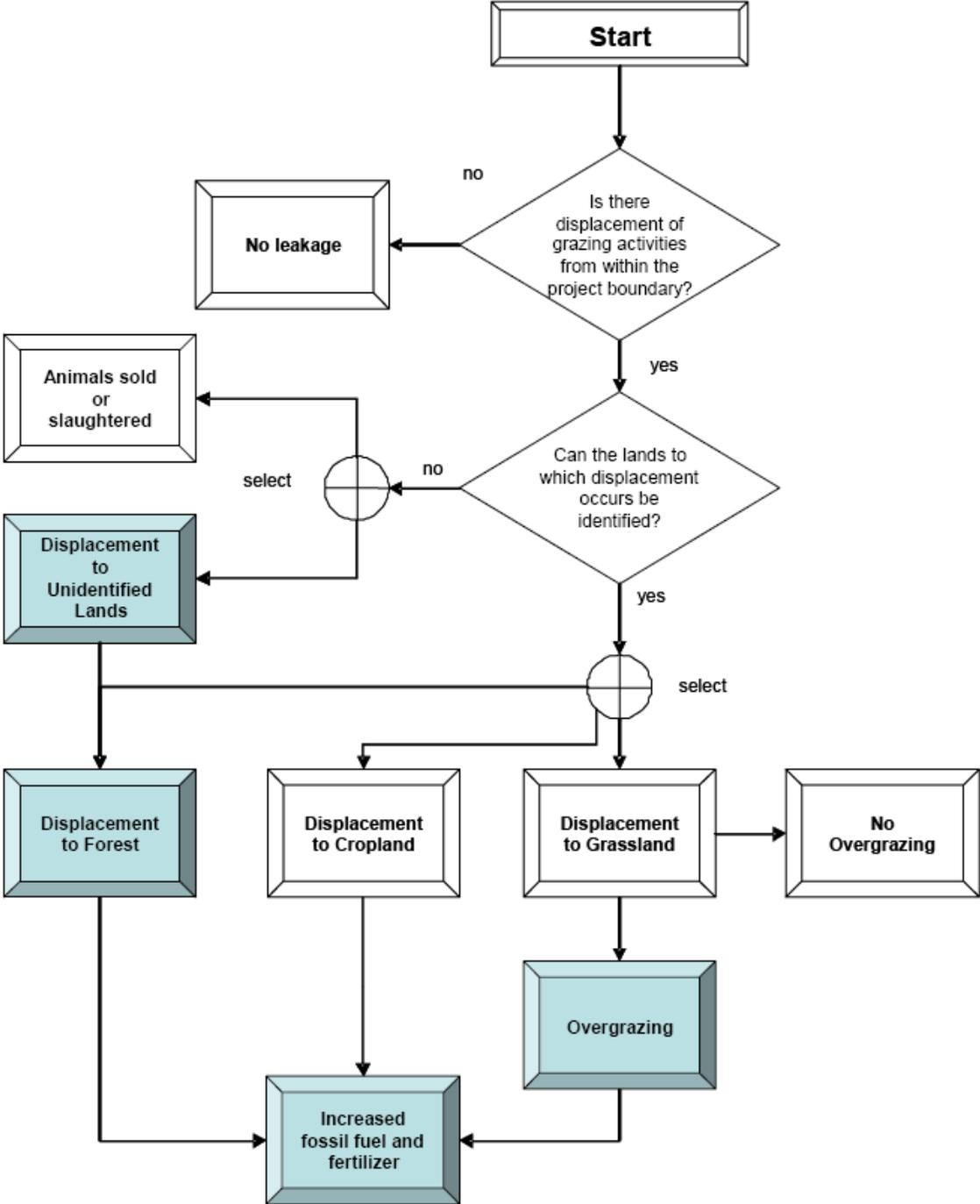
9. This tool provides procedures to determine the following parameter:

Parameter	SI Unit	Description
$LK_{Displacement,t}$	$t CO_2e$	Leakage due to the displacement of animals in year t

¹ Perennial crops typical for cropland are defined in the Chapter 3.3 of the GPG LULUCF.

² As clarification when relocation of grazing animals is to a zero-grazing system in a settlement, one must focus on the displacement of the fodder production. The fodder production does not move to a settlement even though the animals may.

Figure 1: Flow chart for estimation process



Note: GHG emissions are caused by activities that are highlighted only. Activities not highlighted are assumed not to cause leakage.

II. PROCEDURE

The tool provides a step-wise procedure for estimating the emissions from the displacement of grazing activities.

10. **Step 1: Is there displacement of grazing activities from areas of land within the project boundary which are measurable and attributable to the afforestation or reforestation project activity?**

If yes then proceed to Step 2.

Otherwise there is no leakage related to displacement of grazing activities.

11. **Step 2: Is there displacement of grazing activities to unidentified lands?**

If yes then calculate the area of land that is required to sustain grazing activities for the for animals displaced to unidentified lands by:

$$DMI_{Unidentified,t} = \frac{\sum_g DMI_g * H_{Unidentified,g,t}}{1000} * 365 \quad (1)$$

where:

$DMI_{Unidentified,t}$ Total dry matter intake of grazing animals displaced to unidentified lands; t d.m./year

DMI_g Daily dry matter intake per grazing animal of animal type g ; kg d.m./head/day

$H_{Unidentified,g,t}$ Number of head of animals type g that are displaced to unidentified lands in year t and/or number of head of animals type g that are fed by the fodder collected from unidentified lands in year t ; head

DMI_g values in table 3 provided in the annex can be used. Alternatively, use the equation from the annex to this tool if local data are available.

$$Area_{Unidentified,t} = \frac{DMI_{Unidentified,t}}{ANPP} \quad (2)$$

where:

$Area_{Unidentified,t}$ Area of unidentified land required to feed animals that are displaced in year t ; ha

$DMI_{Unidentified,t}$ Total dry matter intake of grazing animals displaced to unidentified lands; t d.m./year

$ANPP$ Above-ground net primary productivity in tonnes dry biomass; t d.m./ha/yr

In equation 2 the values for ANPP from table 3.4.2 of IPCC GPG guidance as provided in the annex to this tool may be used. Alternatively, if local data for ANPP of grasslands are available, it can be used instead.

$Area_{Unidentified}$ will be used in Step 5 where it is assumed that the unidentified lands are forest land.

Proceed to Step 3.

12. Step 3: Determination of GHG emissions caused by displacement to cropland

Following the applicability condition, displacement to cropland covered by annual crops is considered to create no leakage emissions from land use change. However, there may be an increase in the amount of fertilizer used to increase productivity of land or the amount of fossil fuels needed, especially if in the situation of displacement of animals are displaced to stalls, barns, etc and the forage has to be transported from distant locations. The emissions caused by this increased use of fossil fuel and fertilizer should be calculated in Step 6.

Proceed to Step 4.

13. Step 4: Determination of GHG emissions caused by displacement to grassland

Based on the displacement management plan, identify the parcels of grassland that will receive displaced grazing activities in year t . Determine the area of each identified parcel k ($Area_{k,t}$).

For each parcel k , determine the number of grazing animals of type g displaced and/or the number of animals of type g fed by fodder for which production is displaced to parcel k , in year t ($H_{g,k,t}$).

Calculate the area required to sustain the grazing activities displaced to parcel k in year t ($Area_{required,t}$) using:

$$DMI_{TOTAL,k,t} = \frac{\sum_g DMI_g * (H_{existing,g,k,t} + H_{g,k,t})}{1000} * 365 \quad (3)$$

where:

$DMI_{TOTAL,k,t}$	Total dry matter intake of grazing animal on parcel k in year t ; t d.m./year
DMI_g	Daily dry matter intake per grazing animal of animal type g ; kg d.m./head/day
$H_{existing,g,k,t}$	Number of head of animal type g existing on parcel k and/or being fed by fodder produced on parcel k before displacement of animals in year t ; head
$H_{g,k,t}$	Number of head of animal type g displaced and/or the number of animals of type g fed by fodder for which production is displaced to parcel k in year t ; head

In equation 3, the DMI_g values provided in table 3 in the annex to this tool can be used. Alternatively, you may calculate DMI_g values using the equation from the annex if local data are available.

$$Area_{required,k,t} = \frac{DMI_{TOTAL,k,t}}{ANPP_k} \quad (4)$$

where:

$Area_{required,k,t}$	Total area of land required for year t to sustain the grazing activities displaced to parcel k ; (ha)
$DMI_{TOTAL,k,t}$	Total dry matter intake of grazing animals on parcel k in year t ; t d.m./yr
$ANPP_k$	Above-ground net primary productivity of parcel k in tonnes dry biomass; t d.m./ha/yr

In equation 4 the values for ANPP from table 3.4.2 of IPCC GPG guidance as provided in the annex to this tool may be used to estimate $ANPP_k$. Alternatively, if local data for ANPP of parcel k are available, it can be used instead.

Apply the following four steps:

- 1) Identify all parcels where $Area_{required,k,t} > Area_{k,t}$
- 2) For each parcel identified above calculate:

$$LK_{Overgrazing,k,t} = Area_{k,t} * SOC_{REF,k} * (1 - F_{MG, SeverelyDegraded}) * \frac{44}{12} \quad (5)$$

- 3) Assume $LK_{Overgrazing,k,t} = 0$ for all parcels not identified in the Step 1;

- 4) Calculate the total GHG emissions related to overgrazing as:

$$LK_{Overgrazing,t} = \sum_k LK_{Overgrazing,t,k} \quad (6)$$

where:

$LK_{Overgrazing,k,t}$	Leakage due to overgrazing resulting from displacement to parcel k in year t ; t CO ₂ e
$LK_{Overgrazing,t}$	Leakage due to overgrazing resulting from displacement in year t ; t CO ₂ e
$Area_{k,t}$	Area of parcel k in year t ; ha
$SOC_{REF,k}$	Reference soil organic stocks for parcel k - see table 3.4.4 IPCC GPG; t C / ha
$F_{MG, SeverelyDegraded}$	Stock change factor for management regime for severely degraded grassland = 0.7 - see table 3.4.5 IPCC GPG; dimensionless
$\frac{44}{12}$	Conversion factor from C to CO ₂ e; t CO ₂ e / t C

The increase in GHG emissions from displacement to grasslands that does not cause overgrazing is zero.

Proceed to step 5.

14. Step 5: Determination of GHG emissions caused by displacement to forest land

Identify the areas of forest land, $Area_{forest,k,t}$, used as part of a displacement management plan that will receive the displaced animals or the displaced fodder production for animals in stalls, barns, etc. in year t .

Calculate the CO₂ component of leakage that results from the potential deforestation using:

$$LK_{Deforestation-CO_2,t} = \left\{ \begin{aligned} &Area_{Unidentified,t} * [B_{AB} * (1 + R_{Ave}) + B_{Litter} + B_{Deadwood}] \\ &+ \sum_k Area_{forest,k,t} * [B_{AB,k} * (1 + R_k) + B_{Litter,k} + B_{Deadwood,k}] \end{aligned} \right\} * 0.5 * \frac{44}{12} \quad (7)$$

where:

$LK_{Deforestation-CO_2,t}$	Leakage due to biomass loss resulting from the displacement of animals and/or the displacement of fodder production to forest lands in year t ; t CO ₂ e
-----------------------------	---

$Area_{Unidentified,t}$	Area of unidentified land required to feed animals that are displaced in year t ; ha – from equation 2
B_{AB}	Average above-ground woody biomass of forest land to which animals are displaced; t d.m./ha
B_{Litter}	Average litter on forest land to which animals are displaced; t d.m./ha
$B_{Deadwood}$	Average dead wood on forest land to which animals are displaced; t d.m./ha
R_{Ave}	Average biomass-weighted root-to-shoot ratio appropriate for biomass stock of forest land to which animals are displaced; t d.m./t d.m.
$Area_{forest,k,t}$	Area of identified forest land deforested to feed animals displaced in year t ; ha
$B_{AB,k}$	Above-ground woody biomass of forest land parcel k to which animals are displaced; t d.m./ha
$B_{Litter,k}$	Litter on forest land parcel k to which animals are displaced; t d.m./ha
$B_{Deadwood,k}$	Dead wood on forest land parcel k to which animals are displaced; t d.m./ha
R_k	Root-to-shoot ratio for biomass stock of forest land parcel k to which animals are displaced; t d.m./t d.m.
0.5	IPCC default carbon fraction for woody biomass; t C/t d.m.
$\frac{44}{12}$	Conversion factor from C to CO ₂ e; t CO ₂ e/t C

Values of B_{AB} , B_{Litter} , $B_{Deadwood}$ and R_{Ave} should be based on local conditions supported by documented evidence or expert opinion. Alternatively, the values can be obtained from the IPCC GPG. For average litter values see Table 3.2.1. For average dead wood stocks, see Table 3.2.2 from GPG LULCF.

Values of $B_{AB,k}$, $B_{Litter,k}$, $B_{Deadwood,k}$ and R_k should be based on measurements, local conditions supported by documented evidence or expert opinion. Alternatively, one can use average values be obtained from the IPCC GPG. For average litter values see Table 3.2.1. For average dead wood stocks, see Table 3.2.2 from GPG LULCF.

Calculated the emissions from non-CO₂ greenhouse gasses that results from the potential deforestation assuming that the biomass is burnt using:

$$LK_{Deforestation-CH_4,t} = \left\{ \begin{aligned} &Area_{Unidentified,t} * [B_{Ave} + B_{Litter} + B_{Deadwood}] \\ &+ \sum_k Area_{forest,k,t} * [B_k + B_{Litter,k} + B_{Deadwood,k}] \end{aligned} \right\} * 0.5 * CE * ER_{CH_4} * \frac{16}{12} * GWP_{CH_4} \quad (8)$$

where:

$LK_{Deforestation,CH_4}$ Leakage related to non-CO₂ greenhouse gasses due to biomass burning resulting from the displacement of animals and/or the displacement of fodder production to forest lands; t CO₂

$Area_{Unidentified,t}$	Area of unidentified land required to feed animals that are displaced in year t ; ha – from equation 2
B_{AB}	Average above-ground woody biomass of forest land to which animals are displaced; t d.m./ha
B_{Litter}	Average litter on forest land to which animals are displaced; t d.m./ha
$B_{Deadwood}$	Average dead wood on forest land to which animals are displaced; t d.m./ha
$Area_{forest,k,t}$	Area of identified forest land deforested to feed animals displaced in year t ; ha
$B_{AB,k}$	Above-ground woody biomass of forest land parcel k to which animals are displaced; t d.m./ha
$B_{Litter,k}$	Litter on forest land parcel k to which animals are displaced; t d.m./ha
$B_{Deadwood,k}$	Dead wood on forest land parcel k to which animals are displaced; t d.m./ha
0.5	IPCC default carbon fraction for woody biomass; t C/t d.m.
CE	Average combustion efficiency for aboveground biomass (IPCC default: 0.5); dimensionless
ER_{CH_4}	Emission ratio for CH_4 (use IPCC default value, 0.012^3); $kg\ C\ as\ CH_4\ (kg\ C\ burned)^{-1}$
$\frac{16}{12}$	Conversion factor from C to CH_4 , t CH_4 /t C
GWP_{CH_4}	Global warming potential of $CH_4 = 21$; t CO_2e / t CH_4

Values of B_{AB} , B_{Litter} , $B_{Deadwood}$ and R_{Ave} should be based on local conditions supported by documented evidence or expert opinion. Alternatively, the values can be obtained from the IPCC GPG. For average litter values see Table 3.2.1. For average dead wood stocks, see Table 3.2.2 from GPG LULCF.

Values of $B_{AB,k}$, $B_{Litter,k}$, $B_{Deadwood,k}$ and R_k should be based on measurements, local conditions supported by documented evidence or expert opinion. Alternatively, one can use average values obtained from the IPCC GPG. For average litter values see Table 3.2.1. For average dead wood stocks, see Table 3.2.2 from GPG LULCF.

The N_2O emissions from leakage that results from the potential deforestation, assuming that the biomass is burnt, are considered negligible.

Calculate the leakage from deforestation using:

$$LK_{Deforestation,t} = LK_{Deforestation-CO_2,t} + LK_{Deforestation-CH_4,t} \quad (9)$$

where:

$LK_{Deforestation,t}$	Total leakage from the displacement of animals and/or the displacement of fodder production to forest lands; t CO ₂ e
$LK_{Deforestation,CO_2,t}$	Leakage due to biomass loss resulting from the displacement of animals and/or the displacement of fodder production to forest lands in year t ; t CO ₂ e
$LK_{Deforestation,CH_4,t}$	Leakage related to non-CO ₂ greenhouse gasses due to biomass burning resulting from the displacement of animals and/or the displacement of fodder production to forest lands; t CO ₂ e

Proceed to Step 6:

Step 6: Determination of GHG emissions caused by an increase in fossil fuel and fertilizer use due to the displacement

15. Emission from the increase in fossil fuels for example due to the transportation of fodder or manure, and/or application of fertilizers and the increase in fertilizer use may occur annually as a result of the displacement of grazing animals or the displacement of fodder production to feed animals, should be calculated using the appropriate tool.

16. If the displacement increases the emissions from the use of fossil fuels that are measurable and attributable to the A/R CDM project activity, the estimation of this increase shall be accounted for as requested by the approved baseline and monitoring methodology.

17. If the emissions from the increase of fertilizer use for management of the land receiving the displacement are not already accounted for in the approved baseline and monitoring methodology then identify the annual increase in synthetic and organic fertilizers required as a result of the displacement, $M_{SN-Displacement,t}$ and $M_{ON-Displacement,t}$

Calculate the emissions from the increase in fertilizer use attributable to displacement using:

$$LK_{N2O-Displacement,t} = (F_{SN-Displacement,t} + F_{ON-Displacement,t}) * EF_1 * \frac{44}{28} * GWP_{N2O} \quad (10)$$

and

$$F_{SN-Displacement,t} = \sum_i M_{SN-Displacement,m,t} * NC_m * (1 - Frac_{GASF}) \quad (11)$$

and

$$F_{ON-Displacement,t} = \sum_j M_{ON-Displacement,o,t} * NC_o * (1 - Frac_{GASM}) \quad (12)$$

where:

$LK_{N2O-Displacement,t}$	Leakage due to increased fertilizer use in year t on all parcels to which grazing activities have been displaced since the start of the project activity t CO ₂ e
$F_{SN-Displacement,t}$	Mass of increased synthetic fertilizer nitrogen applied in year t adjusted for volatilization as NH ₃ and NO _x ; t N
$F_{ON-Displacement,t}$	Mass of increased organic fertilizer nitrogen applied in year t adjusted for volatilization as NH ₃ and NO _x ; t N

$M_{SN-Displacement,m,t}$	Mass of increased synthetic fertilizer type m applied in year t on all parcels to which grazing activities have been displaced since the start of the project activity; t
$M_{ON-Displacement,o,t}$	Mass of increased organic fertilizer type o applied in year t on all parcels to which grazing activities have been displaced since the start of the project activity; t
EF_1	Emission factor for emissions from N inputs; t N ₂ O-N / t N
$\frac{44}{28}$	Ratio of molecular weights of N ₂ O and N; t N ₂ O-N / t N
GWP_{N_2O}	Global Warming Potential for N ₂ O, (t CO ₂ e / t N ₂ O) [IPCC default = 310, valid for the first commitment period]
NC_m	Nitrogen content of synthetic fertilizer m ; t N / t fertilizer
NC_o	Nitrogen content of organic fertilizer o ; t N / t fertilizer
$Frac_{GASF}$	Fraction that volatilises as NH ₃ and NO _x for synthetic fertilizers; dimensionless
$Frac_{GASM}$	Fraction that volatilises as NH ₃ and NO _x for organic fertilizers; dimensionless

As noted in IPCC 2006 Guidelines (table 11.1), the default emission factor (EF_1) is 1% of applied N, and this value should be used when country-specific factors are unavailable. The default values for the fractions of synthetic and organic fertilizer nitrogen that are emitted as NO_x and NH₃ are 0.1 and 0.2 respectively in 2006 IPCC Guidelines (Table 11.3). Project participants may use emission factors from the peer reviewed scientific literature that are specific for the project area.

Step 7: Estimation of total leakage from displacement of grazing animals

18. The total leakage from the displacement of grazing animals is given by:

$$LK_{Displacement,t} = LK_{Overgrazing,t} + LK_{Deforestation,t} + LK_{N_2O-Displacement,t} \quad (13)$$

where:

$LK_{Displacement,t}$	The total GHG emissions of leakage due to the displacement of animals in year t ; t CO ₂ e
$LK_{Overgrazing,t}$	Leakage due to overgrazing resulting from displacement in year t ; t CO ₂ e
$LK_{Deforestation,t}$	Leakage due to biomass loss resulting from the displacement of animals and/or the displacement of fodder production to forest lands in year t ; t CO ₂ e
$LK_{N_2O-Displacement,t}$	Leakage due to increased fertilizer use in year t on all parcels to which grazing activities have been displaced since the start of the project activity t CO ₂ e

Appendix A

1. Annual net primary production *ANPP* can be calculated from local measurements or default values from Table 3.4.2 of IPCC good practice guidance LULUCF can be used. This table is reproduced below as Table 1.
2. The daily biomass consumption can be calculated from local measurements or estimated based on the calculated daily gross energy intake and the estimated dietary net energy concentration of diet:

$$DMI = \frac{GE}{NE_{ma}} \quad (A.1)$$

where:

DMI Dry matter intake; kg d.m./head/day

GE Daily gross energy intake; MJ/head/day

NE_{ma} Dietary net energy concentration of diet; MJ/kg d.m.

3. Daily gross energy intake for cattle and sheep can be calculated using equations 10.3 through 10.16 in 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)⁴. Sample calculations for typical herds in various regions of the world are provided in Table 2; input data stems from Table 10A.2 of the same 2006 IPCC Guidelines. Dietary net energy concentrations as listed in Table 3 can be calculated using the formula listed in a footnote to Table 10.8 of the same 2006 IPCC Guidelines.

⁴ Paustian, K., Ravindranath, N.H., and van Amstel, A., 2007. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Table 1: Table 3.4.2 from GPG LULUCF

TABLE 3.4.2

DEFAULT ESTIMATES FOR STANDING BIOMASS GRASLAND (AS DRY MATTER) AND ABOVEGROUND NET PRIMARY PRODUCTION, CLASSIFIED BY IPCC CLIMATE ZONES.

IPCC Climate Zone	Peak above- ground live biomass Tonnes d.m. ha ⁻¹			Above-ground net primary production (ANPP) Tonnes d.m. ha ⁻¹		
	Average	No. of studies	Error [#]	Average	No. of studies	Error ¹
Boreal-Dry & Wet ²	1.7	3	±75%	1.8	5	±75%
Cold Temperate-Dry	1.7	10	±75%	2.2	18	±75%
Cold Temperate-Wet	2.4	6	±75%	5.6	17	±75%
Warm Temperate-Dry	1.6	8	±75%	2.4	21	±75%
Warm Temperate-Wet	2.7	5	±75%	5.8	13	±75%
Tropical-Dry	2.3	3	±75%	3.8	13	±75%
Tropical-Moist & Wet	6.2	4	±75%	8.2	10	±75%

Data for standing live biomass are compiled from multi-year averages reported at grassland sites registered in the ORNL DAAC NPP database [http://www.daac.ornl.gov/NPP/html_docs/npp_site.html]. Estimates for above-ground primary production are from: Olson, R. J.J.M.O. Scurlock, S.D. Prince, D.L. Zheng, and K.R. Johnson (eds.). 2001. NPP Multi-Biome: NPP and Driver Data for Ecosystem Model-Data Intercomparison. Sources available on-line at [http://www.daac.ornl.gov/NPP/html_docs/EMDI_des.html].

¹Represents a nominal estimate of error, equivalent to two times standard deviation, as a percentage of the mean.

²Due to limited data, dry and moist zones for the boreal temperate regime and moist and wet zones for the tropical temperature regime were combined.

Table 2: Data for typical cattle herds for the calculation of daily gross energy requirement

Cattle - Africa								
	Weight (kg)	Weight Gain (kg/day)	Milk (kg/day)	Work (hrs/day)	Pregnant	DE	Coefficient for NE_m equation	Mix (of grazing)
Mature Females	200	0.00	0.30	0	33%	55%	0.365	8%
Mature Males	275	0.00	0.00	0	0%	55%	0.370	33%
Young	75	0.10	0.00	0	0%	60%	0.361	59%
Weighted Average	152	0.06	0.02	0	3%	58%	0.364	100%
Cattle - Asia								
	Weight (kg)	Weight Gain (kg/day)	Milk (kg/day)	Work (hrs/day)	Pregnant	DE	Coefficient for NE_m equation	Mix (of grazing)
Mature Females	300	0.00	1.10	0	50%	60%	0.354	18%
Mature Males	400	0.00	0.00	0	0%	60%	0.370	16%
Young	200	0.20	0.00	0	0%	60%	0.345	65%
Weighted Average	251	0.13	0.20	0	9%	60%	0.350	100%
Cattle - India								
	Weight (kg)	Weight Gain (kg/day)	Milk (kg/day)	Work (hrs/day)	Pregnant	DE	Coefficient for NE_m equation	Mix (of grazing)
Mature Females	125	0.00	0.60	0.0	33%	50%	0.365	40%
Mature Males	200	0.00	0.00	2.7	0%	50%	0.370	10%
Young	80	0.10	0.00	0.0	0%	50%	0.332	50%
Weighted Average	110	0.05	0.24	0.3	13%	50%	0.349	100%
Cattle - Latin America								
	Weight (kg)	Weight Gain (kg/day)	Milk (kg/day)	Work (hrs/day)	Pregnant	DE	Coefficient for NE_m equation	Mix (of grazing)
Mature Females	400	0.00	1.10	0	67%	60%	0.343	37%
Mature Males	450	0.00	0.00	0	0%	60%	0.370	6%
Young	230	0.30	0.00	0	0%	60%	0.329	57%
Weighted Average	306	0.17	0.41	0	25%	60%	0.337	100%
Sheep								
	Weight (kg)	Weight Gain (kg/day)	Milk (kg/day)	Wool (kg/year)	Pregnant	DE	Coefficient for NE_m equation	Mix (of grazing)
Mature Females	45	0.00	0.70	4	50%	60%	0.217	40%
Mature Males	45	0.00	0.00	4	0%	60%	0.217	10%
Young	5	0.11	0.00	2	0%	60%	0.236	50%
Weighted Average	25	0.05	0.28	3	20%	60%	0.227	100%

Table 3: Daily energy requirement and dry matter intake calculation

Cattle																			
Region	Average Characteristics							Energy (MJ/head/day)										Consumption	
	Weight	Weight gain	Milk	Work	Preg-nant	DE	CF	Mainte-nance	Activity	Growth	Lactation	Power	Wool	Preg-nancy	REM	REG	Gross	NE _{ma}	DMI
	(kg)	(kg/day)	(kg/day)	(hrs/day)					(note 1)		(note 2)							(MJ/kg - note 5)	(kg/head/day)
Africa	152	0.06	0.02	0.0	3%	58%	0.364	15.7	5.7	1.2	0.0	0.0	0	0.0	0.49	0.26	84.0	5.2	16.2
Asia	251	0.13	0.20	0.0	9%	60%	0.350	22.1	8.0	2.8	0.3	0.0	0	0.2	0.49	0.28	119.8	5.5	21.9
India	110	0.05	0.24	0.3	13%	50%	0.349	11.8	4.3	1.0	0.4	0.3	0	0.2	0.44	0.19	87.6	4.0	21.6
Latin America	306	0.17	0.41	0.0	25%	60%	0.337	24.6	8.9	3.8	0.6	0.0	0	0.6	0.49	0.28	139.5	5.5	25.5
Sheep																			
Region	Average Characteristics							Energy (MJ/head/day)										Consumption	
	Weight	Weight gain	Milk	Work	Preg-nant	DE	CF	Mainte-nance	Activity	Growth	Lactation	Power	Wool	Preg-nancy	REM	REG	Gross	NE _{ma}	DMI
	(kg)	(kg/day)	(kg/day)	(hrs/day)					(note 3)		(note 4)							(MJ/kg - note 5)	(kg/head/day)
All regions	25	0.05	0.28	3.0	20%	60%	0.227	2.5	0.6	1.5	1.29	0	0.2	0.0	0.49	0.28	25.0	5.5	4.6

Notes

1. Assumes grazing
2. Assumes 4% milk fat
3. Assumes grazing on hilly terrain
4. Assumes 7% milk fat
5. Calculated using equation listed in Table 10.8

List of parameters and variables:

1. Defaults

Variable:	Unit:	Description:	Source of data:	Any comment:
$ANPP$	$(t\ d.m./ha/yr)$	Above-ground net primary productivity in tonnes dry biomass	Local data or values from table 3.4.2 of IPCC GPG guidance as provided in the annex to this tool	
$ANPP_k$	$(t\ d.m./ha/yr)$	Above-ground net primary productivity of parcel k in tonnes dry biomass	Local data or values from table 3.4.2 of IPCC GPG guidance as provided in the annex to this tool	
B_{AB}	$t\ dm / ha$	Average above-ground woody biomass of unidentified forest land to which animals are displaced	Estimated based on local conditions supported by documented evidence or expert opinion. Otherwise, values can be estimated from the IPCC GPG LULCF	
$B_{Deadwood}$	$t\ dm / ha$	Average dead wood on unidentified forest land to which animals are displaced	Estimated based on local conditions supported by documented evidence or expert opinion. Otherwise, values can be estimated from the IPCC GPG LULCF	
B_{Litter}	$t\ dm / ha$	Average litter on unidentified forest land to which animals are displaced	Based on local conditions supported by documented evidence or expert opinion. Otherwise, values can be estimated from the IPCC GPG LULCF	
CE	<i>Dimensionless</i>	Average combustion efficiency for aboveground biomass	IPCC	IPCC default is 0.5

Variable:	Unit:	Description:	Source of data:	Any comment:
DMI_g	$kg\ d.m. / head / day$	Daily dry matter intake per grazing animal of animal type g	Calculated using the equation from the annex to this tool if local data are available. Alternatively, use default values provided in table 3 of the annex to this tool.	
EF_N	$t\ N_2O-N / t\ N$	Emission factor for emissions from N inputs	Country-specific values or IPCC	The default emission factor is 1% of applied N as per IPCC 2006 Guidelines (table 11.1). This value should be used when country-specific factors are unavailable
ER_{CH_4}	$kg\ C\ as\ CH_4\ (kg\ C\ burned)^{-1}$	Emission ratio for CH_4	IPCC	Use IPCC default value, 0.012 from table 3A.1.15, Annex 3A.1, GPG-LULUCF (IPCC 2003)
$F_{MG, Severely\ Degraded}$	Dimensionless	Stock change factor for management regime for severely degraded grassland	IPCC	IPCC default is 0.7 (table 3.4.5 IPCC GPG)
$Frac_{GASF}$	Dimensionless	Fraction that volatilises as NH_3 and NO_x for synthetic fertilizers	Peer reviewed scientific literature that are specific for the project area or 2006 IPCC Guidelines (Table 11.3)	IPCC default is 0.1 as per 2006 IPCC Guidelines (Table 11.3)
$Frac_{GASM}$	Dimensionless	Fraction that volatilises as NH_3 and NO_x for organic fertilizers	Peer reviewed scientific literature that are specific for the project area or 2006 IPCC Guidelines (Table 11.3)	IPCC default is 0.2 as per 2006 IPCC Guidelines (Table 11.3)

Variable:	Unit:	Description:	Source of data:	Any comment:
GE	$MJ/head/day$	Daily gross energy intake	Calculated using equations 10.3 through 10.16 in 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) or use defaults values as provided in table 2 of the appendix to this tool	
GWP_{CH_4}	$t\ CO_2e / t\ CH_4$	Global warming potential of CH_4	IPCC	IPCC default is 21 (valid for the first commitment period)
GWP_{N_2O}	$t\ CO_2e / t\ N_2O$	Global Warming Potential for N_2O	IPCC	IPCC default is 310 (valid for the first commitment period)
NE_{ma}	$MJ/kg\ d.m.$	Dietary net energy concentration of diet	Calculated using the formula listed in a footnote to Table 10.8 of 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) or use defaults values as provided in table 3 of the appendix to this tool	
R_{ave}	$t\ dm / t\ dm$	Average biomass-weighted root-to-shoot ratio appropriate for biomass stock of forest land to which animals are displaced	Based on local conditions supported by documented evidence or expert opinion. Alternatively, default values can be estimated from the IPCC GPG LULCF	
R_k	$t\ dm / t\ dm$	Root-to-shoot ratio for biomass stock of forest land parcel k to which animals are displaced	Local measurements. Alternatively, default values can be estimated from the IPCC GPG LULCF	
$SOC_{REF,k}$	$t\ C / ha$	Reference soil organic stocks for parcel k	Table 3.4.4 of IPCC GPG	

2. Data and parameters estimated for the *ex-ante* and monitored for *ex-post* calculations

Data/parameter:	Data unit:	Description:	Source of data:	Measurement procedure (if any):	Monitoring frequency:	Any comment:
$Area_{k,t}$	ha	Area of parcel k	Estimated in displacement plan and measured ex-post	Measured e.g using GPS, remote sensing or other geodesic methods	Determined at year of displacement	
$Area_{forest,k,t}$	ha	Area of identified forest land deforested to feed animals displaced in year t	Estimated in displacement plan and measured ex-post	Measured e.g using GPS, remote sensing or other geodesic methods	Determined at year of displacement	
$B_{AB,k}$	t dm / ha	Above-ground woody biomass of forest land parcel k to which animals are displaced	Based on local measurements. Otherwise, values can be estimated from the IPCC GPG LULCF	If determined based on local measurements, use approach for estimating woody biomass contained in the methodology using this tool	Determined at year of displacement	
$B_{Deadwood,k}$	t dm / ha	Dead wood on forest land parcel k to which animals are displaced	Based on local measurements. Alternatively, values can be estimated from the IPCC GPG LULCF	If determined based on local measurements, use approach for estimating deadwood contained in the methodology using this tool. If the methodology does not account for changes in the deadwood pool, use other approach e.g. the one contained in section III.5.a.3 of AR-AM002	Determined at year of displacement	
$B_{Litter,k}$	t dm / ha	Litter on forest land parcel k to which animals are displaced	Based on local measurements. Alternatively, values can be estimated from the IPCC GPG LULCF	If determined based on local measurements, use approach for estimating litter contained in the methodology using this tool. If the methodology does not account for changes in the litter pool, use other approach e.g. the one contained in section III.5.a.4 of AR-AM002	Determined at year of displacement	

Data/parameter:	Data unit:	Description:	Source of data:	Measurement procedure (if any):	Monitoring frequency:	Any comment:
$H_{existing,g,k,t}$	Head	Number of head of animal type g existing on parcel k and/or being fed by fodder produced on parcel k before displacement of animals in year t	Estimated in displacement plan and monitored	E.g. through animal census	Determined at year of displacement	
$H_{g,k,t}$	Head	Number of head of animal type g displaced and/or the number of animals of type g fed by fodder for which production is displaced to parcel k in year t	Estimated in displacement plan and monitored	E.g. through animal census	Determined at year of displacement	
$H_{Unidentified,g,t}$	Head	Number of head of animals type g that are displaced to unidentified lands in year t and number of head of animals type g that are fed by the fodder collected from unidentified lands in year t	Estimated in displacement plan and monitored	E.g. through animal census	Determined at year of displacement	
$M_{ON-Displacement,o,t}$	t	Mass of increased organic fertilizer type o applied in year t on all parcels to which grazing activities have been displaced since the start of the project activity	Estimated ex-ante and measured ex-post	E.g. through invoices or other verifiable evidence		

Data/parameter:	Data unit:	Description:	Source of data:	Measurement procedure (if any):	Monitoring frequency:	Any comment:
$M_{SN-Displacement,m,t}$	t	Mass of increased synthetic fertilizer type m applied in year t on all parcels to which grazing activities have been displaced since the start of the project activity	Estimated ex-ante and measured ex-post	E.g. through invoices or other verifiable evidence		
NC_m	$t N / t$ fertilizer	Nitrogen content of synthetic fertilizer m	Factory data	From factory data or other verifiable evidence		
NC_o	$t N / t$ fertilizer	Nitrogen content of organic fertilizer o	Factory data	From factory data or other verifiable evidence		

3. Other variables:

Variable:	Unit:	Description:
$Area_{required,k,t}$	ha	Total area of land required for year t to sustain the grazing activities displaced to parcel k
$Area_{Unidentified,t}$	ha	Area of unidentified land required to feed animals that are displaced in year t
$DMI_{TOTAL,k,t}$	$t d.m./year$	Total dry matter intake of grazing animals on parcel k in year t
$DMI_{Unidentified,t}$	$t d.m./year$	Total dry matter intake of grazing animals displaced to unidentified lands
$F_{ON-Displacement,t}$	$t N$	Mass of increased organic fertilizer nitrogen applied in year t adjusted for volatilization as NH_3 and NO_x
$F_{SN-Displacement,t}$	$t N$	Mass of increased synthetic fertilizer nitrogen applied in year t adjusted for volatilization as NH_3 and NO_x
$LK_{Deforestation,t}$	$t CO_2e$	Total leakage from the displacement of animals and/or the displacement of fodder production to forest lands
$LK_{Deforestation-CO_2,t}$	$t CO_2e$	Leakage due to biomass loss resulting from the displacement of animals and/or the displacement of fodder production to forest lands in year t
$LK_{Deforestation,CH_4}$	$t CO_2$	Leakage from non- CO_2 greenhouse gasses due to biomass burning resulting from the displacement of animals and/or the displacement of fodder production to forest lands
$LK_{Displacement,t}$	$t CO_2e$	Leakage due to the displacement of animals in year t
$LK_{N_2O-Displacement,t}$	$t CO_2e$	Leakage due to increased fertilizer use in year t on all parcels to which grazing activities have been displaced since the start of the project activity
$LK_{Overgrazing,t}$	$t CO_2e$	Leakage due to overgrazing resulting from displacement in year t

History of the document

Version	Date	Nature of revision
01	EB 36, Annex 19, 30 November 2007	Initial adoption

ANEXO 6. Tool: “Estimation of GHG emissions related to fossil fuel combustion in A/R CDM project activities”

These can be used interchangeably, or simultaneously.

1) Direct method

Direct method assumes availability of data on the amount of fuel combusted. The method may be used in estimating vehicle/equipment emission in the project activity, when the vehicle/equipment is captive (i.e. controlled by the project participant) and the entire fuel consumptions can be monitored. The equation is as follows.

$$ET_{FC,j,y} = \sum_{i=1}^I FC_{i,j,y} * EF_{CO_2,i} * NCV_i \quad (2)$$

Where:

$ET_{FC,j,y}$: CO₂ emission from fossil fuel combustion in vehicle/equipment type j during year y (tCO₂/yr)

$FC_{i,j,y}$: Quantity of fuel type i consumed in vehicle/equipment type j during year y (mass or volume unit / yr)

$EF_{CO_2,i}$: CO₂ emission factor of the fuel type i combusted (tCO₂ / GJ)

NCV_i : Net calorific value of fuel i (GJ/mass or volume unit)³

i : Fuel types combusted

I : Total number of fuel types

2) Indirect method

This can be used when vehicle/equipment is not captive (i.e. when vehicle use is commissioned to third parties) and fuel consumption cannot be monitored by project, or in the case of ex ante estimation when key parameters are hypothetical.

For vehicles (mobile sources)⁴:

$$ET_{FC,j,y} = \sum_{k=1}^I n * MT_{j,y} / TL_{j,y} * AD_{j,y} * SECK_{k,i,y} * EF_{CO_2,i} * NCV_i \quad (3a)$$

or

$$ET_{FC,j,y} = \sum_{i=1}^I NV_{j,y} * TD_{j,y} * SECK_{k,i,y} * EF_{CO_2,i} * NCV_i \quad (3b)$$

or

$$ET_{FC,j,y} = \sum_{i=1}^I MT_{j,y} * TD_{j,y} * SECK_{k,i,y} * EF_{CO_2,i} * NCV_i \quad (3c)$$

³ The conversion from volume units to mass units, whenever needed, shall be made by multiplying the volume (m³) by its density (kg/m³). Fuel density shall be obtained from verifiable local or national data.

⁴ For the estimation of GHG emissions related to transportation outside the project boundary only the distance up to the first point of commuting should be taken into consideration.

Where:

- $ET_{FC,j,y}$: CO₂ emission from fossil fuel combustion in vehicle/equipment type j during year y (tCO₂/yr)
 n : Indicator of return load (dimensionless)⁵
 $MT_{j,y}$: Total mass transported by vehicle type j during year y (tonne)
 $TL_{j,y}$: Load capacity of vehicle type j during year y (tonne)
 $AD_{j,y}$: Average single-trip distance for vehicle type j during year y (km)
 $SECK_{j,i,y}$: Specific energy consumption of vehicle type j for fuel i during year y (quantity of fuel / km)
 $EF_{CO_2,i}$: CO₂ emission factor of the fuel type i combusted (t-CO₂ / GJ)
 NCV_i : Net calorific value of fuel i (GJ/mass or volume unit)
 $NV_{j,y}$: Number of vehicle type j during year y (dimensionless)
 $TD_{j,y}$: Total travel distance (including the return trip) for vehicle type j during year y (km)
 $SECKt_{j,i,y}$: Specific energy consumption of vehicle type j for fuel i during year y (quantity of fuel / tonne-km)
 i : Fuel types combusted
 I : Total number of fuel types

Where $MT_{j,y}$ cannot be obtained according to vehicle types, then $(MT_{j,y}/TL_{j,y})$ can be substituted by $(MT_y/TL_{av,y})$ where MT_y is the total mass transported, and $TL_{av,y}$ is the indicative load capacity of the fleet (i.e. the type of vehicle which has carried the most load).

For parameters $SECK_{j,i,y}$ in eq. 3b and $SECKt_{j,i,y}$ in eq. 3c, a reference figure can be used. Upon verification, DOE will check the parameters to ensure that the conditions which the parameters apply correspond to the situation of the project activity, or that a more conservative assumption is used.

Approach 3a is preferred to 3b, and 3b to 3c.

For equipment (stationary equipment):

$$ET_{FC,j,y} = \sum_{i=1}^I NE_{j,y} * TU_{j,y} * SECU_{j,i,y} * EF_{CO_2,i} * NCV_i \quad (4)$$

Where:

- $ET_{FC,j,y}$: CO₂ emission from fossil fuel combustion in vehicle/equipment type j during year y (tCO₂/yr)
 $NE_{j,y}$: Number of equipment type j during year y (dimensionless)
 $TU_{j,y}$: Total use for equipment type j during year y (hours)
 $SECU_{j,i,y}$: Specific energy consumption of equipment type j for fuel i during year y (quantity of fuel / hour)
 $EF_{CO_2,i}$: CO₂ emission factor of the fuel type i combusted (t-CO₂ / GJ)
 NCV_i : Net calorific value of fuel i (GJ/mass or volume unit)
 i : Fuel types combusted
 I : Total number of fuel types

For portable equipment (such as chainsaws), the equation above can only be used if verifiable data is available on the specific energy consumption. In this case, the product $TU_{j,y} * SECU_{j,i,y}$ can be replaced by, e.g. product of volume of harvested wood and fuel consumption per unit of volume of harvested wood.

⁵ $n = 1$ when return load is full (with other commodity), $n = 2$ when return load is empty. If PPs cannot demonstrate that the return load is full then $n=2$.

III. REFERENCE AND ANY OTHER INFORMATION

Default values can be founded in:

- 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 2 Energy: Chapter 3 Mobile Combustion (available at http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)
- IPCC Emission Factor Database (EFDB) – available at <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>

Data and parameters not monitored

Data / parameter:	Data unit:	Description:	Source of data:	Measurement procedures (if any):	Monitoring frequency:	QA/QC procedures:	Any comment:
$EF_{CO_2 i}$	t-CO ₂ /GJ	CO ₂ emission factor of the fuel type i combusted	Country-specific data, IPCC		Not monitored		
NCV_i	GJ/mass or volume unit	Net calorific value of the fuel type i combusted	Country-specific data, IPCC		Not monitored		
n_i	Dimension less	Indicator of return load	Specification of project	Use of default value to be determined upon validation and renewal of crediting period, .	Not monitored		$n = 1$ when return load is full (with other commodity), $n = 2$ when return load is empty. Intermediate values are possible if only a fraction of the return loads is empty.

Data and parameters estimated for the *ex-ante* and monitored for *ex-post* calculations

Data / parameter:	Data unit:	Description:	Source of data:	Measurement procedures (if any):	Monitoring frequency:	QA/QC procedures:	Any comment:
$FC_{i,j,y}$	Mass (e.g. tonnes) or volume (e.g. kilolitres)	Quantity of fuel type i consumed in vehicle/equipment type j during year y	<i>Ex-ante</i> : Estimated <i>Ex-post</i> : Onsite measurements	Procedures to keep record of fossil fuel consumption related to the	Annually	Cross check with fuel purchase data. Check the	

Data / parameter:	Data unit:	Description:	Source of data:	Measurement procedures (if any):	Monitoring frequency:	QA/QC procedures:	Any comment:
				project activity		appropriateness of receipt with other known parameters such as amount transported, etc.	
j	Dimension less	Number of each type of vehicle/equipment used in the project activity	<i>Ex-ante:</i> Estimated <i>Ex-post:</i> Onsite measurements		Annually		
J	Dimension less	Number of types of vehicle/equipment used in the project activity	<i>Ex-ante:</i> Estimated <i>Ex-post:</i> Onsite measurements		Annually		
MT_{jy}	Tonnes	Total mass transported by vehicle type j during year y	<i>Ex-ante:</i> Estimated <i>Ex-post:</i> Actual measurement	Weigh bridge, etc. Harvest volume or mass measurements	According to the project activity	According to the project activity	Where MT_{jy} cannot be obtained according to vehicle types, then (MT_{jy}/TL_{jy}) can be substituted by $(MT_y/TL_{av,y})$ where MT_y is the total mass transported, and $TL_{av,y}$ is the indicative load capacity of the fleet (i.e. the average load capacity of relevant vehicles in the fleet)

Data / parameter:	Data unit:	Description:	Source of data:	Measurement procedures (if any):	Monitoring frequency:	QA/QC procedures:	Any comment:
TL_{jy}	Tonnes	Load capacity of vehicle type j during year y	<i>Ex-ante:</i> Estimated <i>Ex-post:</i> Annual inventory	Fleet data	Annually		Where (MT_{jy}/TL_{jy}) is substituted by $(MT_y/TL_{av,y})$, $TL_{av,y}$ is the indicative load capacity of the fleet (i.e. the average load capacity of relevant vehicles in the fleet)
AD_{jy}	Km	Average single-trip distance for vehicle type j during year y (such as the distance between the plantation site and the biomass plant)	<i>Ex-ante:</i> Estimated distances based on specification of the project activity. <i>Ex-post:</i> Verifiable information on traveled distances.	Maps or other methods to calculate distance. Invoices or other records to show start location and destination.	Annually		
$SECK_{j,i,y}$	Quantity of fuel / km	Specific energy consumption of vehicle type j for fuel i during year y	<i>Ex-ante:</i> Based on manufacturer specification or verifiable default values <i>Ex-post:</i> Fuel consumption record of fleet, and total travel	Based on available records	Annually		May be not monitored if a constant conservative value is applied. DOE to check that the choice of default data reflects the situation of the project during the monitoring period (e.g. with respect to vehicle size or road condition).

Data / parameter:	Data unit:	Description:	Source of data:	Measurement procedures (if any):	Monitoring frequency:	QA/QC procedures:	Any comment:
			distance				
$NE_{j,y}$	Dimension less	Number of equipment type j during year y	<i>Ex-ante:</i> Estimates based on specification of project <i>Ex-post:</i> Annual inventory	Based on available records	Annually		
$NV_{j,y}$	Dimension less	Number of vehicle type j during year y	<i>Ex-ante:</i> Estimates based on specification of project <i>Ex-post:</i> Annual inventory	Based on available records	Annually		

Data / parameter:	Data unit:	Description:	Source of data:	Measurement procedures (if any):	Monitoring frequency:	QA/QC procedures:	Any comment:
$TD_{j,y}$	Km	Total travel distance for vehicle type j during year y	<i>Ex-ante:</i> Estimated distances based on specification of the project activity. <i>Ex-post:</i> Odometer or verifiable information on traveled distances.		According to the project activity	It is desirable that the data on total harvest is cross checked with travel distance	Odometer is not applicable when vehicle has other purpose of use
$TU_{j,y}$	Hours	Total use for equipment type j during year y	<i>Ex-ante:</i> Estimated <i>Ex-post:</i> Onsite measurements		According to the project activity		
$SEC_{i,j,y}$	Quantity of fuel / hour	Specific energy consumption of equipment type j for fuel i during year y	<i>Ex-ante:</i> Based on manufacturer specification or verifiable default values <i>Ex-post:</i> Fuel consumption record of	Based on available records	Annually		May be not monitored if a constant conservative value is applied. DOE to check that the choice of the default data reflects the situation of the project during the monitoring period (e.g. with respect to vehicle size or road condition).

Data / parameter:	Data unit:	Description:	Source of data:	Measurement procedures (if any):	Monitoring frequency:	QA/QC procedures:	Any comment:
			equipment, and hours used				

History of the document

Version	Date	Nature of revision(s)
01	EB 33, Annex 14 27 July 2007	Initial adoption

ANEXO 7. Tool for testing significance of GHG emissions in A/R CDM project activities.

I. SCOPE, APPLICABILITY AND PARAMETERS

Scope

This tool facilitates the determination of which GHG emissions by sources, possible decreases in carbon pools, and leakage emissions are insignificant for a particular CDM A/R project activity.

The sum of decreases in carbon pools and increases in emissions that may be neglected shall be less than 5% of the total decreases in carbon pools and increases in emissions, or less than 5% of net anthropogenic removals by sinks, whichever is lower.

Applicability

The tool shall be used in the application of an A/R CDM approved methodology to an A/R CDM project activity:

- a) To determine which decreases in carbon pools, and increases in emissions of the greenhouse gases measured in CO₂ equivalents that result from the implementation of the A/R project activity, are insignificant and can be neglected.
- b) To ensure that it is valid to neglect decreases in carbon pools and increases in GHG emissions by sources stated as being insignificant in the applicability conditions of an A/R CDM methodology.

Parameters

This procedure does not use its own parameters.

II. PROCEDURE

The following stepwise procedure (based on the key source analysis IPCC (2003)) shall be used for testing the significance of all GHG emissions by sources attributable to A/R CDM project activity (project emissions and leakage). The procedure shall be used separately for the *ex ante* and/or the *ex post* (monitoring) cases:

1. Estimate the A/R CDM project GHG emissions by sources (per each source) and possible decreases in carbon pools (e.g. due to site preparation, grazing, harvesting) based on site/project specific data, scientific literature, or the most recent default emission factors provided by IPCC (e.g. IPCC 1997, 2003, 2006) and site/project specific activities. Estimation shall follow the approved methodology.
2. Estimate leakage emissions per activity based on site/project specific data, scientific literature, or the most recent default emission factors provided by IPCC (e.g. IPCC 1997, 2003, 2006) and site/project specific activities. Estimation shall follow the approved methodology.
3. If the IPCC default emission factors are used then the same default value shall be used for the *ex ante* and the *ex post* estimates as appropriate.

4. Recalculate all GHG emissions into CO₂ equivalents using the GWP impact factors as decided by COP3¹ or as amended later.
5. Calculate the relative contributions of the project GHG emissions by sources and possible decreases in carbon pools and emissions by leakage activities according to the following equation (IPCC 2003, Eq. 5.4.1):

$$RC_{E_i} = \frac{E_i}{\sum_{i=1}^I E_i}$$

Where:

RC_{E_i} = Relative contribution of each source i to the sum of project and leakage GHG emissions;

E_i = GHG emissions by sources of project and possible decreases in carbon pools and leakage emissions i as estimated under steps 1 and 2;

i = Index for individual sources of project and leakage GHG emissions (I = total number of sources considered under step 1 and 2).

6. Rank the project and the leakage emissions in descending order of their relative contributions RC_{E_i} and order them according to their ranks (i.e. the lowest emission shall get the highest rank and shall occupy the last position in the ordered sequence of emissions).
7. Start calculating the cumulative sum of the relative contributions RC_{E_i} (ordered according to the step 6) beginning with the lowest rank. Mark each individual source of project and leakage emissions as it is included in the summation. Cease the summation when the cumulative sum reaches the lowest value not less than the threshold of 0.95.

The GHG emissions by sources, possible decreases in carbon pools and leakage emissions not marked in the step 7 are considered insignificant if their sum is lower than 5% of net anthropogenic removals by sinks. Otherwise, the procedure described in the step 7 shall be continued beyond the threshold of 0.95 until the above condition is met.

Literature

IPCC (1995) Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. JT Houghton, LG Meira Filho, BA Callender, N Harris, A Kattenberg and K Maskell (Eds). Cambridge University Press, UK pp. 572.

IPCC (1997) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Available at: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm.

IPCC (2003) Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Available at: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.htm.

¹ For the first commitment period, the GWP potentials with a 100-year time horizon shall be used as established by the IPCC in its Second Assessment Report - IPCC (1995) (see Decision 2/CP.3).