

DOCUMENTO METODOLÓGICO SECTOR AFOLU

BCR0005 Cuantificación de la Reducción
de Emisiones de GEI

ACTIVIDADES QUE EVITAN EL CAMBIO DE USO DE LA TIERRA EN SABANAS NATURALES

BIOCARBON REGISTRY®

VERSIÓN 1.0 | 21 de octubre de 2022

Créditos

Reconocemos el rol y apoyo técnico de la Fundación Cataruben en la construcción de esta metodología, como una herramienta para la conservación, restauración y manejo sostenible de las Sabanas Naturales.



© 2022 BIOCARBON REGISTRY®. Todos los derechos reservados. Este documento metodológico puede ser usado únicamente para proyectos que se certifiquen y registren con BIOCARBON REGISTRY®. Prohibida su reproducción total o parcial sin autorización expresa de BIOCARBON REGISTRY®.

BIOCARBON REGISTRY®, 2022. DOCUMENTO METODOLÓGICO SECTOR AFOLU. Cuantificación de la Reducción de Emisiones de GEI. Actividades que evitan el cambio de uso de la tierra en sabanas naturales. BCR0005. Versión 1.0. 21 de octubre de 2022. 58 p. Bogotá, Colombia. <http://www.biocarbonregistry.com>

Tabla de contenido

1	Introducción	9
1.1	Objetivos	10
2	Versión y vigencia.....	10
3	Alcance	10
4	Condiciones de aplicabilidad	11
5	Referencias normativas.....	12
6	Términos y definiciones	12
7	Límites del proyecto	20
7.1	Límites espaciales y temporales.....	20
7.1.1	Áreas elegibles	20
7.1.2	Adición de áreas con posterioridad a la validación.....	21
7.1.3	Región de referencia para la estimación de la línea base	22
7.1.4	Área de fugas.....	22
7.1.5	Límites temporales y periodos de análisis	23
7.1.6	Periodo histórico de cambios en el uso de la tierra	23
7.1.7	Estimación de la reducción de emisiones/remociones de GEI	23
7.2	Reservorios de carbono y fuentes de GEI	23
7.2.1	Reservorios de carbono.....	23
7.2.2	Fuentes de GEI.....	24
8	Identificación del escenario de línea base y adicionalidad	25
9	Impulsores que generan cambios en el uso de la tierra	30
9.1	Dimensiones espaciales y temporales.....	31
9.2	Contexto	31
9.3	Actores clave, intereses y motivaciones	32
9.4	Actividades económicas y su importancia	32
9.5	Impacto directo e indirecto	32
9.6	Relaciones y sinergias.....	32

9.7	Cadena de eventos de cambio de uso de la tierra.....	33
10	Actividades del proyecto	33
11	Cuantificación de la reducción de emisiones de GEI	34
11.1	Estratificación	34
11.2	Datos de actividad	34
11.2.1	Estimación de los cambios en el uso de la tierra.....	35
11.2.2	Cambios históricos anuales en el área de referencia	37
11.2.3	Proyección de los cambios anuales en el escenario con proyecto.....	38
11.2.4	Cambios históricos anuales en el uso de la tierra en el área de fugas.....	39
11.2.5	Proyección de los cambios anuales en el área de fugas en el escenario con proyecto 39	
11.3	Factores de emisión.....	40
11.3.1	Factor de emisión de carbono en la biomasa total	41
11.3.2	Factor de emisión de carbono orgánico en el suelo (COS)	41
11.4	Emisiones de GEI en el periodo de análisis.....	44
11.4.1	Emisiones de otros GEI.....	45
11.5	Reducción de emisiones de GEI esperadas con la implementación de las actividades del proyecto	46
12	Manejo de la incertidumbre.....	46
12.1	Selección conservadora de los valores por defecto	48
13	Plan de monitoreo.....	49
13.1.1	Monitoreo de los límites del proyecto	49
13.1.2	Monitoreo de la ejecución de las actividades del proyecto.....	49
13.1.3	Monitoreo de la permanencia del proyecto.....	50
13.1.4	Monitoreo de las emisiones del proyecto	50
	Datos de actividad.....	51
	Cambios en el uso de la tierra (por año) en el área de proyecto.....	51
	Cambios anuales de uso de la tierra en el área de fugas	51
	Emisiones de GEI en el periodo de análisis	51
	Reducción de emisiones debidas a las actividades del proyecto.....	52

13.2	Procedimientos de control de calidad y aseguramiento de la calidad	53
13.2.1	Revisión del procesamiento de la información	53
13.2.2	Registro y sistema de archivo de los datos	53
ANEXO A. Estimación directa de carbono en sabanas naturales.....		54

Listado de tablas

Tabla 1. Selección de los reservorios de carbono.....	24
Tabla 2. Fuentes de emisión y GEI seleccionados	24
Tabla 3. Caracterización de los insumos cartográficos.....	36
Tabla 4. Matriz de cambios de la cobertura terrestre y su uso	37
Tabla 5. Unidades de cobertura en el área del proyecto.	38
Tabla 6. Matriz de cambios en la cobertura vegetal en el área de fugas	39
Tabla 7. Unidades de cobertura en el área de fugas.	40
Tabla 8. Valor de referencia por defecto (con vegetación nativa) de las reservas de C orgánico en el suelo (COS_{REF}) en toneladas de C por ha, para una profundidad de 0 - 30 cm	42
Tabla 9. Valores por defecto del factor de emisión de carbono en forma de CO_2 para suelos orgánicos drenados en bosques gestionados (toneladas C $ha^{-1} año^{-1}$) Error! Marcador no definido.	
Tabla 10. Monitoreo de la ejecución de las actividades del proyecto.....	49

Siglas y acrónimos

AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra
AVC	Altos Valores de Conservación
BA	Biomasa aérea
BS	Biomasa subterránea
BT	Biomasa total
CSCN	Cambios en la superficie con cobertura vegetal natural
CCV	Créditos de Carbono Verificados
CH ₄	Metano
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO ₂	Dióxido de carbono
COS	Carbono Orgánico del Suelo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático
N ₂ O	Óxido nitroso
ONU	Organización de las Naciones Unidas
SIG	Sistemas de Información Geográfica

1 Introducción

Las sabanas naturales conforman uno de los biomas más característicos de la zona intertropical terrestre, ocupan grandes regiones de Suramérica, África, Sureste Asiático y Australia. Es una de las grandes unidades estructurales y funcionales en las que se ha diferenciado la biota de la tierra, al mismo nivel que las selvas, los bosques montanos, los páramos o los desiertos. Las sabanas se caracterizan por ser asociaciones de vegetación herbácea con presencia, o no, de árboles y arbustos esparcidos y con patrones estacionales de disponibilidad de agua determinados por una marcada estación climática seca.

En las sabanas y demás pastizales predomina el carbono subterráneo, almacenado mayormente en las raíces y en la materia orgánica del suelo. Las sabanas en general se han adaptado para hacer frente al pastoreo y los daños normales ocasionados por el fuego y, en consecuencia, tanto la vegetación como el carbono del suelo son relativamente resistentes a las perturbaciones ocasionados por el pastoreo moderado y los incendios IPCC (2006)¹.

Aunque se sabe que los sabanas naturales juegan un papel clave en el almacenamiento de carbono, proporcionan hábitat para la vida silvestre y juegan un rol importante en la regulación del agua dulce, rara vez han sido tenidas en cuenta en las estrategias de conservación para evitar cambios de uso de la tierra. Al mismo tiempo, de acuerdo con WWF (2021)², *“las sabanas naturales actualmente se enfrentan a uno de los mayores y más rápidos índices de conversión y degradación, lo que significa una importante pérdida de biodiversidad y aumento de emisiones de gases efecto invernadero. En consecuencia, las acciones para disminuir la transformación son necesarias y dependen de encontrar un equilibrio entre la producción y la conservación”*.

El presente documento metodológico se enfoca en las actividades que evitan el cambio uso de la tierra y, por consiguiente, la pérdida de cobertura vegetal natural en sabanas naturales. Los titulares de los proyectos de GEI localizados en bioma de sabana, deben aplicar lo dispuesto en este documento metodológico.

La metodología abarca aspectos relacionados con las actividades que evitan el cambio de uso de la tierra en sabanas naturales, incluyendo las remociones de GEI por la restauración del ecosistema, y el uso de herramientas de manejo del paisaje, la identificación de los depósitos y fuentes de GEI, los límites espaciales y temporales, los impulsores de cambios de uso de la tierra, el escenario de línea base, la adicionalidad, el

¹ https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_o6_Ch6_Grassland.pdf

² <https://www.wwf.org.co/?367073/Los-pastizales-naturales-son-esenciales-para-enfrentar-el-cambio-climatico-y-revertir-la-perdida-de-biodiversidad>

manejo de la incertidumbre y de riesgos, el manejo de fugas y las actividades de monitoreo.

1.1 **Objetivos**

Los objetivos de este documento metodológico (en adelante denominado esta Metodología) son:

- (a) Brindar los requisitos para la cuantificación de reducción de GEI resultantes de las actividades que evitan el cambio de uso de la tierra en sabanas naturales;
- (b) Brindar los requisitos para la cuantificación de las remociones de GEI resultantes de las actividades de restauración y herramientas de manejo del paisaje en sabanas naturales;
- (c) Proporcionar los requerimientos metodológicos para la identificación de la línea base de Proyectos que evitan el cambio de uso de la tierra en sabanas naturales;
- (d) Proveer las exigencias metodológicas para demostrar adicionalidad de los Proyectos que evitan el cambio de uso de la tierra en sabanas naturales;
- (e) Describir los requisitos para el monitoreo y seguimiento de las actividades de proyectos que evitan cambios de uso de la tierra en sabanas naturales;
- (f) Establecer los requisitos relacionados con permanencia y fugas;
- (g) Facilitar la articulación de la contabilidad del proyecto con la contabilidad nacional, si aplica;

2 **Versión y vigencia**

Este documento constituye la Versión 1.0 del 21 de octubre de 2022.

La presente versión podrá ser actualizada periódicamente y los usuarios previstos deberán asegurarse de emplear la versión más reciente del documento.

3 **Alcance**

Esta metodología corresponde a una metodología de: línea base, cuantificación de reducciones de emisiones o remociones de GEI y monitoreo de proyectos que evitan el cambio de uso de la tierra en sabanas naturales.

Esta metodología es aplicable únicamente para los proyectos de mitigación de GEI que generan reducciones de emisiones/remociones de GEI, mediante actividades que evitan el cambio de uso de la tierra, y aquellas que contemplen actividades de restauración y herramientas de manejo de paisaje, en biomas de Sabana.

Esta metodología debe ser empleada por los titulares de los proyectos de GEI, únicamente para certificarse y registrarse con el Estándar para el mercado voluntario de carbono. ESTÁNDAR BCR.

4 Condiciones de aplicabilidad

Esta Metodología es aplicable bajo las siguientes condiciones:

- a) Las áreas en los límites geográficos del proyecto corresponden a sabanas naturales;
- b) Las actividades de proyecto evitan el cambio de uso del suelo en sabanas naturales;
- c) Las actividades del proyecto incluyen acciones de conservación de la biodiversidad que integran esfuerzos de preservación, restauración y/o manejo y uso sostenible de las Sabanas;
- d) Las causas de los cambios de uso de la tierra identificadas pueden incluir, entre otras: ampliación de la frontera agropecuaria, minería, extracción o pérdida de la cobertura vegetal natural;
- e) Es posible que, en las áreas en los límites del proyecto, las reservas de carbono en la materia orgánica del suelo, la hojarasca y la madera muerta disminuyan, o permanezcan estables;
- f) Las alteraciones del suelo, debidas a las actividades del proyecto, si las hay, se realizan de acuerdo con prácticas adecuadas de conservación del suelo y no se repiten en menos de 20 años;
- g) La cantidad de especies fijadoras de nitrógeno, utilizadas en las actividades del proyecto, no es significativa, por lo que las emisiones de GEI, por la desnitrificación, pueden considerarse insignificantes.

Esta metodología permite la inclusión de áreas en el proyecto que correspondan a la categoría de humedales y/o que contengan suelos orgánicos.

Los titulares de los proyectos de GEI deben usar siempre la última versión vigente de las metodologías y/o documentos metodológicos. Si el titular del proyecto propone actividades que impliquen el uso de diferentes metodologías, puede hacerlo siempre y

cuando se cumplan las condiciones de aplicabilidad y los requisitos contenidos en las metodologías aplicadas en conjunto.

5 Referencias normativas

Las siguientes referencias son indispensables para la aplicación de esta Metodología:

- (a) El Estándar para el mercado voluntario de Carbono. Estándar BCR., en su versión más reciente;
- (b) Directrices del IPCC 2003, 2006 y 2019 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, o aquellas que las modifiquen o actualicen;
- (c) La legislación nacional vigente, relacionada con proyectos de GEI, o aquellas normas que las modifiquen o actualicen, según aplique;
- (d) Las directrices, otras orientaciones y/o guías que defina BIOCARBON REGISTRY, en el ámbito de los proyectos en el sector AFOLU.

Del mismo modo, es indispensable el cumplimiento de lo dispuesto en las siguientes Normas ISO:

- a) Norma ISO 14064-2:2019(es). Gases de efecto invernadero — Especificación con orientación, a nivel de proyecto, para la cuantificación, el seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o el aumento en las remociones de gases de efecto invernadero, o aquella que la actualice;
- b) Norma ISO 14064-3:2019(es). Gases de efecto invernadero — Parte 3: Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones sobre gases de efecto invernadero, o aquella que la actualice.

6 Términos y definiciones

Adicionalidad

Es el efecto de la actividad de proyecto para reducir las emisiones antropogénicas de GEI por debajo del nivel que habría ocurrido en ausencia del proyecto de GEI o de la actividad de proyecto.

Aquellas reducciones de GEI que el titular del proyecto demuestre que no ocurrirían en ausencia del proyecto de GEI se consideran adicionales, como se describe en la sección 8 de este documento.

Fuente: Adaptado del Glosario del MDL.

Agentes causantes de los cambios de uso de la tierra

Personas, grupos sociales o instituciones (públicas o privadas) que, influenciadas o motivadas por una serie de factores o causas subyacentes, toman la decisión de convertir las coberturas naturales hacia otras coberturas y usos, y cuyas acciones se ven manifestadas en el territorio a través de una o más causas directas.

Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)

Sector que comprende las emisiones y/o remociones de gases efecto invernadero atribuibles a actividades de proyecto en los sectores agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.

Alto Valor de Conservación - AVC

Valor biológico, ecológico, social o cultural excepcionalmente significativo o de importancia crítica.

Arbustal

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida FAO (2001)³.

Área de Fugas

Área con coberturas vegetales naturales, a las que se puede generar un desplazamiento de las actividades que generan los cambios en el uso del suelo y que se encuentran fuera del control del titular del proyecto. Es decir, las áreas a las cuales pueden desplazarse los agentes que generan cambios en el uso del suelo, como consecuencia de las actividades del proyecto.

³ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. 2001. Situación de los bosques del mundo 2001. FAO, Roma, 131 p. En: Leyenda CORINE LAND COVER

Área del proyecto

Superficie en la que se implementan las actividades del proyecto que demuestran los beneficios climáticos netos. Si se utiliza un enfoque programático, el área del proyecto también incluye todas las áreas potenciales, es decir, todas las áreas nuevas en donde las actividades del proyecto pueden implementarse después de la validación inicial.

Áreas elegibles

Áreas dentro de los límites geográficos del proyecto que corresponden a sabanas naturales, que cumplen con su condición de ecosistema de sabana, manteniendo sus funciones naturales, y vegetación nativa, en las fechas de referencia, es decir, al inicio de las actividades del proyecto, y mínimo cinco años antes de la fecha de inicio del proyecto⁴.

Bioindicadores

Organismos o comunidades de organismos cuyo estudio u observación genera información sobre el ecosistema en general.

Bosque (Bosque Natural)

"Bosque": Superficie mínima de tierras de entre 0,05 y 1,0 hectáreas (ha) con una cubierta de copas (o una densidad de población equivalente) que excede del 10 al 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de entre 2 y 5 metros (m) a su madurez in situ. Un bosque puede consistir en formaciones forestales densas, donde los árboles de diversas alturas y el sotobosque cubren una proporción considerable del terreno, o bien en una masa boscosa clara. Se consideran bosques también las masas forestales naturales y todas las plantaciones jóvenes que aún no han alcanzado una densidad de copas de entre el 10 y el 30% o una altura de los árboles de entre 2 y 5 m, así como las superficies que normalmente forman parte de la zona boscosa, pero carecen temporalmente de población forestal a consecuencia de la intervención humana, por ejemplo, de la explotación, o de causas naturales, pero que se espera vuelvan a convertirse en bosque.⁵

⁴En la actualidad los Herbazales presentan una acelerada tasa de pérdida, con un valor promedio del 50% a nivel global (Van der Valk AG (2006) The biology of freshwater wetlands. Oxford University Press, Oxford, UK). Dando respuesta a la acelerada pérdida, se evalúa la fecha de referencia de al menos cinco (5) años, con el fin de también poder elegir Herbazales cuya degradación es reciente.

⁵ UNFCCC. Acuerdo de Marruecos. Disponible en <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/spanish/cop7/cp713a01s.pdf>. El titular del proyecto debe usar la definición que aplique en su país.

Cambios de uso de la tierra

Los cambios de uso de la tierra en sabanas constituyen pérdidas de cobertura natural y son generados por actividades antrópicas, que resultan en la conversión de coberturas vegetales naturales a otros usos de la tierra.

Causas directas de cambios de uso de la tierra

Las causas directas se relacionan con actividades humanas que afectan directamente las coberturas vegetales naturales de los ecosistemas de sabana. Éstas agrupan los factores que operan a escala local, diferentes a las condiciones iniciales estructurales o sistémicas, los cuales se originan en el uso de la tierra y que afectan la cobertura natural mediante el aprovechamiento del recurso natural, o su eliminación para dar paso a otros usos.

Causas subyacentes de cambios de uso de la tierra

Las causas subyacentes son factores que refuerzan las causas directas. Agrupan variables sociales, políticas, económicas, tecnológicas y culturales, que constituyen las condiciones iniciales en las relaciones estructurales existentes entre sistemas humanos y naturales. Estos factores influyen en las decisiones tomadas por los agentes y ayudan a explicar por qué se presentan los cambios de uso del suelo.

Drenaje

Eliminación del exceso de agua ya sea de la superficie del suelo o bajo este, causado por lluvias, demasiado riego, filtración de canales, inundaciones, entre otras causas, para controlar el nivel freático de los suelos agrícolas⁶.

Escenario de línea base

El escenario para el proyecto de GEI que representa razonablemente la suma de los cambios en las reservas de carbono en los reservorios de carbono dentro del límite del proyecto, que ocurrirían en ausencia del proyecto de GEI.

Fuente: Adaptado de Glossary CDM terms. Version 10.0

Fecha de inicio del proyecto

Fecha en la cual comienzan las actividades que se traducirán en reducciones de emisiones o remociones efectivas de GEI. Para los proyectos de GEI que apliquen esta metodología, la fecha de inicio corresponde a la fecha en la cual comienza la implementación de las

⁶ Brouwer, C., Goffeau, A., & Heibloem, M. (1985). Irrigation water management: training manual no. 1-introduction to irrigation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 102-103.

actividades del proyecto para generar la reducción de emisiones por evitar cambios de uso de la tierra en las áreas elegibles, en los límites del proyecto. Éstas pueden ser, por ejemplo, acuerdos con los actores que tienen el derecho de uso de la tierra y/o el inicio de las acciones de manejo de las áreas en los límites del proyecto.

Fracción de carbono

Toneladas de carbono por tonelada de biomasa seca. De acuerdo con IPCC (2006) la fracción de carbono es de 0,47.

Fugas

Las posibles emisiones que ocurrirían fuera de los límites del proyecto, por las actividades de mitigación de GEI. Por fuga se entiende el cambio neto de las emisiones antropógenas por las fuentes de gases de efecto invernadero (GEI) que se produce fuera de los límites del proyecto, y que es mensurable y atribuible a la actividad de proyecto.

Herbazales

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación) o abierta (30% - 70% de ocupación). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos Font Queur, (1982)⁷.

Humedales

Según el Convenio Ramsar protección de humedales (Artículo 1) "son humedales las *extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros*" (Ramsar, 1971)⁸.

El IPCC define los humedales así: "*Esta categoría incluye las zonas de extracción de turba y la tierra que está cubierta o saturada de agua durante todo el año o durante parte de éste (por ejemplo, las turberas) y que no está dentro de las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizal o asentamientos. Incluye los reservorios como subdivisión gestionada y los ríos naturales y los lagos como subdivisiones no gestionadas*"⁹.

⁷ FON QUER, P. (1982). En: Leyenda CORINE LAND COVER

⁸ https://ramsar.org/documents?field_quick_search=2550

⁹ https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_o3_Ch3_Representation.pdf

Integridad ecológica

Combinación de procesos del ecosistema (funciones) y la biodiversidad que caracterizan un área en un período de tiempo específico. Mantener la integridad ecológica de un área, supone la provisión continua de bienes y servicios ecosistémicos.¹⁰

Permanencia

Es la condición resultante de las actividades del proyecto, por la cual el sistema establecido dentro de los límites del proyecto se extiende de manera continua, garantizando que a lo largo del tiempo se mantiene la función de conservar las reservas de carbono.

Proyecto de GEI (Proyecto de gases de efecto invernadero)

Actividad o actividades que alteran las condiciones de una línea base de GEI y causan la reducción de las emisiones de GEI o el aumento de las remociones de GEI.

[FUENTE: ISO 14064-3:2019(es), 3.4.1.]

Región de referencia

Son los límites geográficos en los cuales se analizan los patrones históricos de cambios de uso de la tierra que serán proyectados en el área del proyecto para obtener los valores de cambio de cobertura, en el escenario de línea base, en el área del proyecto.

Reservorio de gas de efecto invernadero (reservorio de GEI)

componente, distinto a la atmósfera, que tiene la capacidad de acumular los GEI y de almacenarlos y liberarlos.

Nota 1 a la entrada: La masa total del carbono contenido en un reservorio de GEI en un punto específico en el tiempo se puede referir como depósito de carbono del reservorio.

Nota 2 a la entrada: Un reservorio de GEI puede transferir GEI a otro reservorio de GEI.

Nota 3 a la entrada: La recolección de un GEI de una fuente de GEI antes de que entre en la atmósfera y el almacenamiento del GEI recolectado en un reservorio de GEI se podría denominar como captura de GEI y almacenamiento de GEI.

[FUENTE: ISO 14064-3:2019(es), 3.3.5]

¹⁰ Bridgewater, P., Kim, R. & Bosselmann, K. (2015). Ecological Integrity: A Relevant Concept for International Environmental Law in the Anthropocene? Yearbook of International Environmental Law. 25. 61-78. 10.1093/yiel/yvvo59.

Restauración ecológica

De acuerdo con la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER), la restauración ecológica es el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido.¹¹

Sabanas

Las sabanas son ecosistemas de clima tropical o subtropical, en los que abundan las gramíneas y hay escasos árboles y arbustos. Forman parte de los denominados pastizales junto a las praderas, diferenciándose de éstas por el clima y la composición de especies.

Suelos arenosos¹²

Incluye todos los suelos (independientemente de su clasificación taxonómica) que tienen >70% de arena y <8% de arcilla con base en análisis de textura estándar (en la clasificación de la FAO incluye: Arenosoles, Regosoles arenosos).

Suelos espódicos (Espodosoles)¹³

Los espodosoles son suelos minerales que no tienen un epipedón plagénico o un horizonte argílico o kanádico sobre un horizonte espódico y tienen uno o más de los siguientes:

1. Un horizonte espódico, un horizonte álbico en el 50 por ciento o más de cada pedón, y un régimen de temperatura del suelo crómico; o bien;
2. Un horizonte Ap que contenga 85 por ciento o más de materiales espódicos; o bien;
3. Un horizonte espódico que tiene todas las siguientes propiedades:
 - a. Uno o más de los siguientes: (1) Un espesor de 10 cm o más; o (2) un horizonte Ap suprayacente; o (3) Cementación en el 50 por ciento o más de cada pedón; o (4) una clase de tamaño de partícula gruesa-franco, franco-esquelética o más fina y un régimen de temperatura gélido; o (5) un régimen de temperatura crómica; y
 - b. Un límite superior dentro de las siguientes profundidades de la superficie mineral del suelo: (1) Menos de 50 cm; o (2) Menos de 200 cm si el suelo tiene una clase de tamaño de partícula esquelética arenosa o arenosa entre la superficie del suelo mineral y el horizonte espódico; y
 - c. Un límite inferior como sigue:

¹¹ <https://www.ser.org/>

¹² https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_03_Ch3_Representation.pdf

¹³ https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051232.pdf

(1) Ya sea a una profundidad de 25 cm o más por debajo de la superficie del suelo mineral, en la parte superior de un duripan o fragipan, o en un contacto désico, lítico, saprolito o petroférico, lo que sea menos profundo; o

(2) A cualquier profundidad,

a) Si el horizonte espodédico tiene una clase de tamaño de partícula gruesa-arcillosa, franco esquelética o más fina y el suelo tiene un régimen de temperatura gélido; o

b) Si el suelo tiene un régimen de temperatura criica; y

d. O bien:

(1) Un horizonte álbico directamente superpuesto en el 50 por ciento o más de cada pedón; o

(2) No hay propiedades ándicas del suelo en el 60 por ciento o más del espesor:

(a) Dentro de los 60 cm de la superficie mineral del suelo o de la parte superior de una capa orgánica con propiedades ándicas del suelo, lo que sea menos profundo, si no hay contacto désico, lítico o saprolito, duripan o horizonte petrocálcico dentro de esa profundidad; o

(b) Entre la superficie mineral del suelo o la parte superior de una capa orgánica con propiedades ándicas del suelo, lo que sea menos profundo, y un contacto dinásico, lítico o paralítico, un duripan o un horizonte petrocálcico.

Suelos minerales¹⁴

Todo suelo que no se ajuste a la definición de suelo orgánico (véase el anexo 3A.5, capítulo 3, volumen 4 de las Directrices del IPCC 2006).

Suelos orgánicos

Según la definición de FAO (adoptada por IPCC)¹⁵, los suelos orgánicos son suelos con contenidos de carbono orgánico igual o mayor que 12%. Los suelos orgánicos (p. ej. turba y estiércol) tienen, como mínimo, entre un 12 y un 20 por ciento de materia orgánica por masa y se desarrollan bajo condiciones de mal drenaje en humedales. Los suelos orgánicos son identificados a partir de los criterios 1 y 2 o 1 y 3 presentados a continuación:

¹⁴ https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/pdf/Wetlands_separate_files/WS_Glossary.pdf

¹⁵ Hiraishi, Takahiko, et al. "2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands." *IPCC, Switzerland* (2014).

1. Espesor del horizonte orgánico mayor o igual a 10 cm. Un horizonte de menos de 20 cm debe tener 12% o más de carbono orgánico cuando se mezcla a una profundidad de 20 cm.
2. Los suelos que nunca están saturados de agua durante más de unos pocos días deben contener más del 20% de carbono orgánico en peso (es decir, alrededor del 35% de materia orgánica).
3. Los suelos están sujetos a episodios de saturación de agua y cumplen con el criterio a, b o c:
 - a) Al menos un 12% de carbono orgánico en peso (es decir, alrededor del 20% de materia orgánica) si el suelo no tiene arcilla.
 - b) Al menos un 18% de carbono orgánico en peso (es decir, alrededor del 30% de materia orgánica) si el suelo tiene más de 60% de arcilla; o
 - c) Una cantidad proporcional intermedia de carbono orgánico para cantidades intermedias de arcilla.

Zona tropical

Zona de Clima Tropical o Ecuatorial de acuerdo con la clasificación y distribución climática de Köppen. Se caracteriza por ser húmedo y lluvioso.

7 Límites del proyecto

7.1 Límites espaciales y temporales

7.1.1 Áreas elegibles

El titular del proyecto de GEI debe demostrar que las áreas en los límites geográficos del proyecto corresponden al bioma de sabanas naturales, en las categorías de herbazales y arbustales, al inicio de las actividades del proyecto, y cinco (5) años antes de la fecha de inicio del proyecto. En este sentido, el titular del proyecto debe:

- (a) Asegurar que los límites del proyecto se encuentren dentro del bioma de sabana e identificar la ecorregión de acuerdo con la clasificación de WWF (2012)¹⁶.
- (b) Identificar, delimitar y clasificar los sabanas presentes en el área del proyecto, a partir de un análisis cartográfico de coberturas de la tierra, con base en la metodología Corine

¹⁶ WWF, 2012. Terrestrial Ecoregions of the World. Available at: <https://www.worldwildlife.org/publications/terrestrial-ecoregions-of-the-world>

Land Cover (o similares) a nivel 3 que corresponden con las categorías de Herbazales y Arbustales.

El titular del proyecto debe contar con datos geográficos e información cartográfica adecuada para evaluar la cobertura y uso de la tierra durante el periodo de referencia histórico, a partir del procesamiento digital de imágenes de sensores remotos¹⁷. La resolución espacial mínima requerida es de 30 m (como actualmente está disponible con los productos Landsat 8). La resolución recomendada es de 10 m o superior (como está actualmente disponible con Sentinel 2A y 2B). Para todas las imágenes satelitales utilizadas, se deben aplicar enfoques establecidos para el preprocesamiento de datos satelitales

7.1.2 Adición de áreas con posterioridad a la validación

Los titulares de los proyectos de GEI podrán adicionar áreas al proyecto bajo las siguientes condiciones:

- a) El titular del proyecto debe identificar el área de expansión del proyecto durante el proceso de validación y definir los criterios para adición de áreas nuevas;
- b) Los criterios por defecto que debe cumplir un área nueva para ser agregada al proyecto de GEI son:
 - i) Cumplir con las directrices del Estándar BCR, en su versión más reciente;
 - ii) Dar cumplimiento a todo lo dispuesto en el DOCUMENTO METODOLÓGICO. SECTOR AFOLU. Cuantificación de Reducción de Emisiones de GEI. Actividades que evitan el cambio de uso de la tierra en sabanas naturales, en su versión más reciente;
 - iii) Incluir la reducción de emisiones/remociones, solamente para las actividades de proyecto de GEI validadas¹⁸;
 - iv) Implementar las actividades para evitar los cambios de uso de la tierra, descritas en el documento del proyecto validado;
 - v) Los impulsores de cambio de uso de la tierra, el escenario de línea base y las condiciones de adicionalidad de las áreas nuevas deben ser consistentes con las características validadas para las áreas iniciales;

¹⁷ Los datos geográficos deben manejarse siguiendo los estándares internacionales promovidos por organizaciones tales como la ISO, el OGC o la American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.

¹⁸ Una actividad excluida en la validación no puede ser contemplada en un área nueva.

- vi) Tener una fecha de inicio posterior a la fecha de inicio de las áreas incluidas en la validación.

7.1.3 Región de referencia para la estimación de la línea base

El titular del proyecto de GEI debe delimitar una región de referencia para la estimación de los cambios en las coberturas vegetales naturales (herbazales y arbustales) en las áreas de sabana, que podrían ocurrir en el área del proyecto en el escenario de línea base. La región de referencia debe ser similar al área del proyecto en términos de acceso, impulsores de cambio de uso de la tierra, categorías de uso de la tierra y o cambio de uso de la tierra, configuraciones de paisaje, condiciones ambientales y socioeconómicas y contexto local/regional.

Para determinar los límites geográficos de la región de referencia deben tomarse en cuenta los siguientes criterios:

- a) La región de referencia y el área del proyecto hacen parte de una misma ecorregión¹⁹;
- b) Los impulsores que generan cambios en el uso de la tierra, identificados en la región de referencia pueden acceder al área del proyecto;
- c) El área del proyecto es de interés para los agentes identificados en el literal b, arriba;
- d) Las figuras de tenencia de la tierra y derecho de uso del suelo en la región de referencia son similares a las áreas del proyecto;

7.1.4 Área de fugas

Áreas que corresponden a las categorías de herbazales y arbustales, en el bioma de sabana, a las que puede generarse un desplazamiento de las actividades que generan cambios en el uso de la tierra, y que se encuentra fuera del control del titular del proyecto de GEI. Es decir, áreas a las cuales pueden desplazarse los agentes que generan cambios en el uso de la tierra, como consecuencia de las actividades del proyecto.

El área de fugas se delimita a partir de los siguientes criterios:

- a) Deben incluirse todas las áreas de herbazales y arbustales que estén dentro del rango de movilidad de los agentes identificados en la sección 9 (abajo).

¹⁹ Región geográfica con determinadas características en cuanto a clima, geología, hidrología, flora y fauna. <https://www.worldwildlife.org/biomes>

- b) Excluir las áreas de acceso restringido a los agentes que generan cambios en el uso de la tierra.

7.1.5 Límites temporales y periodos de análisis

Los límites temporales del proyecto corresponden a los periodos durante los cuales las actividades del proyecto evitan los cambios en el uso de la tierra y para los cuales son cuantificadas las reducciones de emisiones/remociones de GEI.

Los límites temporales del proyecto deben definirse considerando lo siguiente:

- (a) la fecha de inicio del proyecto,
- (b) el periodo de cuantificación de las reducciones, y
- (c) los periodos de monitoreo.

7.1.6 Periodo histórico de cambios en el uso de la tierra

El análisis del promedio histórico de cambios en el uso de la tierra para la región de referencia y para el área de fugas debe realizarse entre al menos dos fechas (fecha de inicio del proyecto y diez años antes de la fecha de inicio del proyecto).

Se recomienda utilizar las fuentes oficiales de las coberturas de la tierra de acuerdo con las metodologías de clasificación como Corine Land Cover o similares para reducir las inconsistencias con los datos oficiales y la incertidumbre. En la medida de lo posible utilizar la cartografía base de país y adecuarlo con las necesidades de temporalidad del período histórico.

7.1.7 Estimación de la reducción de emisiones/remociones de GEI

La estimación de la reducción de emisiones/remociones del proyecto corresponde al periodo de cuantificación del mismo, es decir, el período durante el cual el titular del proyecto cuantificará las reducciones de emisiones o remociones de GEI, medidas con respecto a la línea base, a fines de solicitar la emisión de los Créditos de Carbono Verificados (CCV).

El periodo de análisis de cada verificación debe corresponder a los periodos de monitoreo.

7.2 Reservorios de carbono y fuentes de GEI

7.2.1 Reservorios de carbono

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) prevé la estimación de cambios en las reservas de carbono en los siguientes reservorios: biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y carbono orgánico del suelo.

Los titulares de los proyectos de GEI pueden elegir no tener en cuenta uno o más reservorios de carbono, siempre y cuando proporcionen información transparente y verificable y demuestren que tal elección no conducirá a un aumento en las reducciones de emisiones de GEI, cuantificadas por el proyecto.

La selección de los reservorios de carbono, para cuantificar los cambios en las reservas de carbono en los límites del proyecto se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Selección de los reservorios de carbono

Depósito de carbono	Seleccionar (Sí/No/Opcional)	Justificación
Biomasa aérea	Sí	El cambio en el contenido de carbono en este depósito es significativo, de acuerdo con el IPCC.
Biomasa subterránea	Sí	El cambio en el contenido de carbono en este depósito es significativo de acuerdo con el IPCC.
Madera muerta	Opcional	Las reservas de carbono en este depósito pueden aumentar debido a las actividades del proyecto.
Hojarasca	Opcional	Las reservas de carbono en este depósito pueden aumentar debido a las actividades del proyecto.
Carbono orgánico del suelo	Opcional	Las reservas de carbono en este depósito pueden aumentar debido a las actividades del proyecto.

7.2.2 Fuentes de GEI

Las fuentes de emisión y los GEI asociados, se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Fuentes de emisión y GEI seleccionados

Fuente	GEI	Seleccionado (Sí/No)	Justificación
Combustión de biomasa leñosa ²⁰	CO ₂	No	Las emisiones de CO ₂ debidas a la combustión de biomasa leñosa no son

²⁰ La cuantificación de emisiones de CH₄ y N₂O causadas por la combustión por biomasa leñosa se estima a partir de los lineamientos presentados en las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ a partir del quemado de biomasa.

Fuente	GEI	Seleccionado (Sí/No)	Justificación
			cuantificadas como cambios en las reservas de carbono.
	CH ₄	Sí	La emisión de CH ₄ debe ser incluida si fue identificada la presencia de incendios/quemas, durante el periodo de monitoreo.
	N ₂ O	Sí	La emisión de N ₂ O debe ser incluida si fue identificada la presencia de incendios/quemas durante el periodo de monitoreo.

8 Identificación del escenario de línea base y adicionalidad

Los titulares del proyecto deben identificar el escenario de línea base para demostrar que el proyecto es adicional. De acuerdo con la CMNUCC, al seleccionar la metodología para determinar el escenario de línea base de un proyecto en el sector LULUCF²¹ sus titulares deben seleccionar el más apropiado entre los criterios que figuran a continuación, justificando la conveniencia de su elección.

- Cambios existentes o históricos, según corresponda en las reservas de carbono en los límites del proyecto;
- Cambios en las reservas de carbono, dentro de los límites del proyecto, por el uso del suelo que representa un curso de acción atractivo considerando barreras a la inversión;
- Cambios en las reservas de carbono, en los límites del proyecto, identificando el uso del suelo más probable, al inicio del proyecto.

Para la aplicación de esta metodología, se recomienda el uso de lo enunciado en el literal (c), arriba. No obstante, si el titular del proyecto de GEI se propone usar cualquiera de las otras dos aproximaciones, está permitido, siempre y cuando presente la explicación y justificación adecuada, para la opción seleccionada.

El titular del proyecto debe demostrar de manera confiable que todos los supuestos, justificaciones y documentación considerados, son adecuados para identificar el escenario de línea base.

²¹ En las Decisiones de la Junta Ejecutiva, se señala: Forestación y Reforestación, no obstante, el ámbito de esta metodología aplica para proyectos que evitan cambios en el uso de la tierra en sabanas naturales.

El titular del proyecto debe identificar el escenario de línea base, mediante los siguientes pasos²²:

PASO 0. Fecha de inicio del proyecto

Fecha en la cual comienzan las actividades que se traducirán en reducciones de emisiones/remociones de GEI.

Determine la fecha de inicio del proyecto, describiendo la selección de la fecha de inicio y presentando la evidencia. Demuestre que la fecha de inicio está definida dentro de los cinco (5) años anteriores al inicio de la validación del proyecto.

PASO 1. Identificación de las alternativas de uso del suelo

Este paso consiste en identificar los escenarios más probables de uso de la tierra, que podrían ser el escenario de línea base, mediante los siguientes sub-pasos:

Sub-paso 1a. Identificación de alternativas probables de uso de la tierra en las áreas del proyecto

Identifique alternativas realistas y creíbles de uso de la tierra que ocurrirían en las áreas del proyecto en ausencia de la actividad de proyecto propuesta. Las alternativas deben ser factibles teniendo en cuenta las circunstancias y políticas nacionales y/o sectoriales relevantes, considerando usos históricos de la tierra en el área de influencia del proyecto, o las prácticas y tendencias económicas en la región. Estas alternativas deben incluir, al menos las siguientes actividades:

- (a) Continuación del uso anterior de la tierra (previo al proyecto);
- (b) Proyectos de GEI sin la certificación de la reducción de emisiones/remociones de GEI;
- (c) Otras alternativas de uso de la tierra plausibles y creíbles con respecto a la ubicación, el tamaño, los fondos, los requisitos de experiencia, etc. Éstos pueden incluir alternativas que representan las prácticas comunes de uso de la tierra en la región donde se ubica el proyecto.

Resultado del sub-paso 1a. Lista de alternativas probables de uso de la tierra, que ocurrirían en el área del proyecto, en ausencia del Proyecto de GEI.

²² Adaptado de "Herramienta combinada para determinar el escenario de línea base y demostrar adicionalidad en actividades de forestación/reforestación - Mecanismo de Desarrollo Limpio" (Reporte EB35, Anexo 19).

Sub-paso 1b. Consistencia de las alternativas de uso de la tierra con las leyes y regulaciones aplicables

Las leyes y regulaciones aplicables están dadas por las políticas nacionales y sectoriales, relacionadas con los recursos naturales y las actividades generadas como resultado del cambio de uso de la tierra. Demuestre que todas las alternativas de uso de la tierra, identificados en el sub-paso 1a, cumplen con todos los requisitos legales y reglamentarios obligatorios aplicables.

Si una alternativa de uso del suelo no cumple con todas las leyes y regulaciones aplicables obligatorias, demuestre que, con base en un juicioso análisis de la práctica actual (en la región en la que la ley es obligatoria o se aplica la regulación), los requisitos legales o reglamentarios obligatorios aplicables sistemáticamente no se cumplen;

Elimine de los escenarios de uso de la tierra identificados en el sub-paso 1a cualquier alternativa de uso de la tierra que no cumpla con las leyes y regulaciones obligatorias aplicables, a menos que pueda demostrar que dichas alternativas son el resultado de falta sistemática del cumplimiento de las leyes y regulaciones obligatorias.

Resultado del sub-paso 1b. Lista de las alternativas probables de uso de la tierra que cumplen con la legislación y las normas obligatorias, teniendo en cuenta su cumplimiento en la región o país, con respecto a políticas nacionales y/o sectoriales.

Si la lista resultante del sub-paso 1b está vacía o contiene solo un escenario de uso de la tierra, el proyecto no es adicional.

PASO 2. Análisis de barreras

Determine si las actividades del proyecto enfrentan barreras que:

- (a) Previenen o limitan la implementación de este tipo de actividad de proyecto; y,
- (b) No impiden la implementación de al menos una de las alternativas probables de uso del suelo.

Use los siguientes sub-pasos:

Sub-paso 2a. Identifique las barreras que impedirían la implementación del proyecto

Establezca que existen barreras que evitarían la implementación del proyecto, si éste no contemplara la participación en el mercado de carbono. Las barreras que impiden un proyecto no deben analizarse en relación con los participantes del proyecto, sino únicamente en relación con las actividades del proyecto. Dichas barreras pueden incluir:

Barreras de inversión, entre otras:

- El financiamiento de la deuda no está disponible para este tipo de proyecto;
- No hay acceso a los mercados de capital debido a los riesgos, reales o percibidos, asociados con la inversión directa nacional o extranjera en el país donde se va a implementar el proyecto;
- Falta de acceso al crédito;

Barreras institucionales, entre otras:

- Riesgo relacionado con cambios en las políticas o leyes gubernamentales;
- Falta de aplicación de la legislación forestal o la relacionada con el uso de la tierra.

Barreras debidas a condiciones sociales, entre otras:

- Presión demográfica sobre la tierra (por ejemplo, una mayor demanda de tierra debido al crecimiento de la población);
- Conflicto social entre los grupos de interés en la región donde se desarrolla el proyecto;
- Prácticas ilegales generalizadas (por ejemplo, pastoreo ilegal, extracción de productos no maderables y tala de árboles);
- Falta de mano de obra calificada y / o debidamente capacitada;
- Falta de organización de las comunidades locales.

Barreras relacionadas con la tenencia de la tierra, la propiedad, la herencia y los derechos de propiedad, entre otros:

- La propiedad de la tierra, con una jerarquía de derechos para diferentes partes interesadas, limita los incentivos para emprender el proyecto;
- Falta de legislación y regulación de tenencia de la tierra, adecuada para apoyar la seguridad de la tenencia;
- Ausencia de derechos de propiedad claramente definidos y regulados en relación con los productos y servicios de recursos naturales;
- Sistemas de tenencia formales e informales que aumentan los riesgos de fragmentación de las tierras.

Las barreras identificadas constituyen evidencia suficiente, para demostrar la adicionalidad del proyecto, solo si impiden que los posibles titulares del proyecto lleven a cabo las actividades de proyecto, si no se espera su participación en el mercado de carbono.

El titular del proyecto de GEI debe proporcionar evidencia transparente y documentada, y ofrecer interpretaciones conservadoras en cuanto a cómo demuestra la existencia y la

importancia de las barreras identificadas. El tipo de evidencia que se proporcionará puede incluir:

- (a) Legislación relevante, información regulatoria o normas, actos o reglas de gestión ambiental / de recursos naturales;
- (b) Estudios o encuestas relevantes, por ejemplo, estudios realizados por universidades, instituciones de investigación, asociaciones, empresas, instituciones bilaterales / multilaterales, etc.
- (c) Datos estadísticos relevantes de estadísticas nacionales o internacionales;
- (d) Documentación escrita de la compañía o institución que desarrolla o implementa el proyecto;
- (e) Actividades del titular del proyecto o el desarrollador del proyecto, como actas de reuniones de la junta, correspondencia, estudios de viabilidad, información financiera o presupuestaria, etc.
- (f) Documentos preparados por el desarrollador del proyecto, contratistas o socios del proyecto en el contexto del proyecto o implementaciones de proyectos anteriores similares;
- (g) Documentación escrita de juicios de expertos independientes y otros organismos gubernamentales / no gubernamentales, relacionados con el uso de la tierra o expertos individuales, instituciones educativas (por ejemplo, universidades, escuelas técnicas, centros de capacitación), asociaciones profesionales y otros.

Sub-paso 2b. Muestre que las barreras identificadas no impedirían la implementación de al menos una de las alternativas de uso del suelo identificadas (excepto la actividad de proyecto):

Si las barreras identificadas también afectan a otras alternativas, el titular del proyecto debe demostrar cómo se ven menos afectadas de lo que afectan el proyecto. Es decir, debe explicar cómo las barreras identificadas no impiden la implementación de al menos una de las alternativas de uso del suelo. Cualquier alternativa, que impidan las barreras identificadas en el sub-paso 3a, no es una alternativa viable y debe eliminarse del análisis. Deberá identificarse al menos una alternativa viable (diferente al proyecto). El escenario de línea base será aquel que no se ve afectado por las barreras identificadas en el sub-paso 3a

Si uno de los Sub-pasos 2a o b no se cumple, el proyecto no puede considerarse adicional por medio del análisis de barreras.

Si se satisfacen ambos Sub-pasos (2a y 2b), continúe con el Paso 3 (Impacto del registro del proyecto).

PASO 3. Impacto del registro del proyecto

Explique cómo la certificación y el registro del proyecto, y los beneficios e incentivos asociados derivados de esto, disminuirían el impacto de las barreras identificadas (Paso 2) y así, permitirían que se lleve a cabo el proyecto. Los beneficios e incentivos pueden ser de varios tipos, tales como:

- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por las actividades del proyecto;
- El beneficio financiero de los ingresos obtenidos por la venta de CCV, incluida la certeza y el momento predefinido del ingreso;
- Generar capacidad en las entidades a cargo del ordenamiento territorial en el área del proyecto para garantizar la implementación de las actividades REDD+;
- Atraer nuevos interesados que brinden la capacidad de implementar una nueva tecnología / práctica.

Si se cumple el Paso 3, el proyecto no corresponde al escenario base y, por lo tanto, es adicional.

Si no se cumple el Paso 3, el proyecto no es adicional.

9 Impulsores que generan cambios en el uso de la tierra

El titular del proyecto debe identificar, describir y analizar los impulsores que generan cambios en el uso de la tierra, en el área de proyecto como insumo para:

- (a) diseñar las actividades para reducir los cambios en el uso de la tierra;
- (b) definir estrategias, medidas y acciones para mejorar las prácticas de manejo de los ecosistemas de sabana; y
- (c) delimitar el área de referencia.

Este documento metodológico sugiere la aplicación de los lineamientos conceptuales para la caracterización de impulsores de la deforestación y la degradación forestal

propuesto por el Programa ONU-REDD²³. El cambio de la vegetación natural de ecosistema de sabana a otros usos de la tierra sería el homólogo a la mención de deforestación y degradación forestal.

A continuación, se describen los elementos clave para desarrollar una caracterización de causas y agentes del cambio de uso de la tierra.

9.1 Dimensiones espaciales y temporales

El cambio de uso de la tierra tiene una expresión espacial y temporal que debe ser caracterizada. En términos espaciales, es necesario conocer y analizar la localización y extensión del fenómeno (área de proyecto y área de referencia). Entender su dimensión temporal permite comprender los cambios en términos de sus antecedentes históricos, su dinámica actual y probable comportamiento futuro (periodo histórico de cambio de uso de la tierra).

9.2 Contexto

Una caracterización adecuada de las causas y agentes de cambio de uso de la tierra, en un área particular, implica reconocer y comprender el entorno socioambiental del fenómeno, así como analizar su influencia en la dinámica de cambio de uso de la tierra.

- a) El *contexto territorial* se refiere al entorno biofísico y a la forma como las sociedades se relacionan con éste y construyen su espacio de vida. Incluye elementos como la ocupación, el uso de la tierra y la interacción social, así como aspectos legales y normativos que rigen estas dinámicas.
- b) El *contexto sociocultural* se basa en las relaciones que se dan entre las sociedades y en cómo los diferentes grupos humanos interactúan y se organizan para vivir y para establecer los medios de producción en comunidad.
- c) El *contexto económico* hace referencia al uso de los medios de producción para generar y transar bienes y servicios, que agregados contribuyen al crecimiento (económico) de una región.
- d) El *contexto histórico* condiciona los otros tipos de contexto descritos con anterioridad, ya que se basa en la construcción de las sociedades humanas como un proceso que se da y que cambia en el tiempo y en el espacio. En él tienen especial relevancia los procesos de ocupación y producción en el territorio por parte de los diferentes grupos humanos.

²³ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2018. Impulsores de la deforestación y la degradación forestal. Disponible en https://www.un-redd.org/sites/default/files/2021-10/UN-REDD%20ACADEMY%203_ES_Low%20res.pdf

9.3 Actores clave, intereses y motivaciones

El proceso de cambio de uso de la tierra involucra a múltiples actores. Dentro de este conjunto se encuentran, tanto los agentes de cambio, como aquellos actores que indirectamente promueven los procesos de transformación de la cobertura natural. Es fundamental caracterizar los intereses o motivaciones que determinan sus decisiones y las relaciones que establecen con los demás actores clave. En este sentido, es necesario incluir dentro del análisis las causas subyacentes de cambio de uso de la tierra identificadas para el área de estudio, señalando su importancia dentro del grupo de factores que motivan a los agentes a modificar la cobertura natural.

Cada actor clave, con injerencia en la dinámica de cambio de la cobertura natural, no solo tiene un grado de responsabilidad e influencia, sino también una expresión geográfica que debe ser caracterizada y relacionada con el fenómeno de cambio de cobertura natural a antrópica.

9.4 Actividades económicas y su importancia

Las actividades que causan de forma directa el cambio de uso de la tierra deben ser caracterizadas en términos de los patrones espaciales asociados a su presencia, pero también por su importancia económica y sociocultural para los agentes y demás actores clave involucrados. Es claro que actividades con un nivel de arraigo sociocultural alto requieren de medidas y acciones diferentes a aquellas donde prevalece el beneficio económico sobre otros intereses.

9.5 Impacto directo e indirecto

Cada causa y agente tiene un impacto diferencial sobre la vegetación natural. El impacto puede ser evaluado de forma cualitativa o cuantitativa. Las estimaciones cuantitativas de impacto pueden realizarse por medio de un análisis espacial que determine la relación entre la causa identificada y el cambio calculado en el uso de la tierra. Las estimaciones cualitativas se realizan a través del uso de técnicas de participación de actores en el territorio.

9.6 Relaciones y sinergias

El titular del proyecto debe identificar y analizar las interacciones y sinergias entre todos los elementos, para definir las actividades que permitirán una disminución en el cambio de uso de la tierra.

9.7 Cadena de eventos de cambio de uso de la tierra

El análisis de cadenas de eventos busca identificar las relaciones entre grupos principales de agentes y causas, para tratar de explicar la secuencia de eventos que usualmente conduce a la pérdida de cobertura natural en un área particular.

Para cada actividad que cause la pérdida de una cobertura natural, debe identificarse una cadena causal de al menos 3 eslabones, que se compone de una secuencia diferencial de hechos o condiciones que resultan en la ocupación del territorio, de la siguiente forma:

- a) Identificar cada una de las actividades que generan pérdida de la cobertura natural. De ser posible, éstas deben agruparse de acuerdo con las causas directas de cambio más comunes;
- b) Identificar los agentes asociados a las acciones y causas directas de cambio establecidas;
- c) Identificar las causas subyacentes que promueven o facilitan las decisiones de los agentes para realizar las acciones resultantes en la pérdida de cobertura natural.

10 Actividades del proyecto

Las actividades para evitar los cambios en el uso de la tierra, en el área del proyecto, deben diseñarse a partir de los resultados del análisis de los impulsores identificados con base en lo descrito en la sección 9 (arriba). Asimismo, debe contemplarse lo establecido por las comunidades (si aplica), con base en la construcción participativa. El diseño de cada actividad del proyecto debe incluir como mínimo, lo siguiente:

- (a) ID de la actividad;
- (b) relación actividad con causa directa o subyacente;
- (c) mecanismo de consulta para la definición de las actividades del proyecto y aspectos de la construcción participativa;
- (d) responsabilidad y rol de los actores que participan en la implementación de la actividad;
- (e) cronograma de implementación;

- (f) indicadores para reportar los avances de la actividad: nombre, tipo²⁴, meta²⁵, unidad de medida y responsable de la medición.

11 Cuantificación de la reducción de emisiones de GEI

11.1 Estratificación

Con el propósito de mejorar la precisión con respecto a la estimación de los cambios en las existencias de carbono, si la distribución de la biomasa en las áreas del proyecto no es homogénea, deberá llevarse a cabo un proceso de estratificación, con el propósito de mejorar la precisión con respecto a las estimaciones de biomasa.

El titular del proyecto deberá determinar diferentes estratos para el escenario de línea base y para el escenario con proyecto. De este modo se optimiza la precisión en la estimación de las reducciones de emisiones y remociones de GEI (cuando aplique).

La presente metodología recomienda realizar la estratificación con los niveles 4 o superior de metodologías oficiales de clasificación de la tierra, o puede utilizar metodologías de teledetección satelital apoyadas con datos de campo como la desarrollada por López et al (2020)²⁶ o Dixon et al (2014)²⁷.

11.2 Datos de actividad

Los datos de cambio en la superficie con cobertura vegetal natural (CSCN) constituyen los datos de actividad para la estimación de los cambios en el uso de la tierra. La estimación de los CSCN dependerá de la región de referencia identificada según lo dispuesto en la sección 7.1.3.

Estos datos de actividad incluyen los cambios en la cobertura vegetal asociada a las áreas identificadas como herbazales y arbustales, en el área del proyecto.

²⁴ Resultado, producto o impacto.

²⁵ Valor esperado y tiempo para su cumplimiento.

²⁶ Lopes, M., Frison, P.-L., Durant, S.M., Schulte to Bühne, H., Ipavec, A., Lapeyre, V. and Pettorelli, N. (2020), Combining optical and radar satellite image time series to map natural vegetation: savannas as an example. *Remote Sens Ecol Conserv*, 6: 316-326. <https://doi.org/10.1002/rse2.139>

²⁷ Dixon A.P., Faber-Langendoen, D., Josse, C., Morrison, J., Loucks, C.J. (2014) Distribution mapping of world grassland types. *Journal of Biogeography*. Disponible en: <https://www.worldwildlife.org/publications/world-grassland-types>

11.2.1 Estimación de los cambios en el uso de la tierra

El titular del proyecto debe llevar a cabo el análisis de uso de la tierra²⁸ entre al menos dos fechas (fecha de inicio del proyecto y diez años antes de dicha fecha de inicio).

Para calcular la superficie con pérdida de cobertura vegetal natural entre las dos fechas deben tenerse en cuenta únicamente las áreas para las cuales se detecta cobertura vegetal natural en la primera fecha y uso de la tierra antrópico en la segunda, de manera que exista la certeza de que el evento ocurrió en el periodo de tiempo analizado (cambio de cobertura).

Las pérdidas de cobertura natural detectadas, luego de una o varias fechas sin información²⁹ no deben ser incluidas en el cálculo, con el fin de evitar tasas sobrestimadas en periodos en los que aumentan las áreas sin información por diferentes factores. Por ejemplo, épocas climáticas de alta nubosidad o fallas en los sensores de los programas satelitales que toman las imágenes.

Este proceso debe soportarse en los insumos cartográficos para el período de análisis, con base en las siguientes recomendaciones:

- (a) Recopilar los datos que se utilizarán para analizar los cambios de los usos de la tierra sobre las coberturas vegetales naturales de sabana, durante el período de referencia histórico dentro de los límites del proyecto. Es una buena práctica hacerlo por lo menos en tres puntos de tiempo, con (3) a (5) años de diferencia.
- (b) Seleccionar datos espaciales de resolución media (desde 10 metros hasta un máximo de 30 metros de resolución espacial) de sistemas de sensores ópticos y radar, como (pero no limitado a) Landsat, SPOT, ALOS, AVNIR2, ASTER, Sentinel 1 y 2, entre otros, que cubren los últimos 5 -10 años.
- (c) Recopilar datos de alta resolución de sensores remotos (< 5 x 5 metros por píxel) y/o de observaciones directas de campo para la validación de los mapas sobre el terreno. Describir el tipo de datos, coordenadas y el diseño de muestreo utilizado para recopilarlos.

²⁸ El titular del proyecto de GEI debe presentar la metodología utilizada en la delimitación de las coberturas naturales y los cambios a otros usos de la tierra.

²⁹ Se podrá utilizar información complementaria para disminuir el área sin información. Debe presentarse información detallada acerca de la metodología, la pertinencia del uso de la fuente de información seleccionada y la evaluación de la exactitud en la clasificación de la imagen.

- (d) En formato tabular (Tabla 3), proporcionar la información sobre los datos recopilados.

Tabla 3. Caracterización de los insumos cartográficos

Vector (Satélite o avión)	Sensor	Resolución		Cubrimiento (Km ²)	Fecha de Adquisición (DD/MM/AAAA)	Escena o Punto de Identificación	
		Espacial	Espectral			Path/Latitud	Row/Longitud

Cuando se disponga de datos ya interpretados, con resolución espacial y temporal adecuada; éstos también pueden considerarse para su análisis posterior³⁰. Para completar el análisis de coberturas, se recomienda realizar la clasificación de las coberturas naturales con los estratos definidos en el numeral 11.1.

Los procesos de validación para el tratamiento de imágenes satelitales y datos geográficos deben estar soportados en estándares internacionales tales como las normas ISO³¹, el OGC o la American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.

Los procedimientos metodológicos detallados, utilizados en el tratamiento previo, la clasificación, el procesamiento de la clasificación posterior y la evaluación de la exactitud de los datos de teleobservación deben documentarse cuidadosamente en un anexo técnico. En particular, deberá documentarse la siguiente información:

- i. Fuentes de datos y procesamiento previo³².
- ii. Clasificación de los datos y tratamiento posterior³³

³⁰Los mapas existentes deben utilizarse haciendo una validación completa de calidad de estos; puesto que a menudo no informan de la documentación, estimaciones de errores, si se obtuvieron mediante técnicas de detección de cambios en lugar de mediante comparación de mapas estáticos, etc. Si ya se dispone de datos sobre cambios históricos en cobertura y uso del suelo, información sobre la unidad cartográfica mínima, los métodos utilizados para producir estos datos, y las descripciones de las clases de cobertura y uso, cambio de categorías deben compilarse, incluyendo sobre cómo estas clases pueden coincidir con las clases y categorías de cobertura.

³¹ Tales como ISO 19131 – Especificaciones técnicas de producto de datos; ISO 19115-1 Metadatos Geográficos e ISO 19157 – Calidad de los datos

³² Especificar tipo, resolución, fuente y fecha de adquisición de los datos de teleobservación (y otros datos) utilizados; correcciones geométricas, radiométricas y de otro tipo realizadas; bandas espectrales e índices utilizados (como el NDVI); proyección y parámetros utilizados para georreferenciar las imágenes; estimación de error de la corrección geométrica; versión de software y software utilizada para realizar tareas previas al procesamiento; etc.

³³ Definición de las clases de cobertura y uso del suelo y categorías de cambio; enfoque de clasificación y algoritmos de clasificación; coordenadas y descripción de los datos de verificación en tierra recogidos con fines de formación; datos

La evaluación de la exactitud de la clasificación que garantiza la calidad de los mapas de cobertura y uso del suelo debe estar por encima del 90%:

Como resultado de este análisis se obtiene una matriz de cambio de las coberturas terrestres, que combina todas las clases definidas de cobertura en las que se evidencian los cambios de uso de la tierra. En una tabla deben enumerarse las categorías de cambio resultantes entre el período inicial y el final. Adicionalmente, debe contener los datos de áreas en cada uno de los períodos y sus totales.

Tabla 4. Matriz de cambios de la cobertura terrestre y su uso³⁴

IDcl		Clases Iniciales Cobertura/Usos			
		I ₁	I ₂	I ₃	I ₄
Clases Finales Cobertura	F ₁				
	F ₂				
	F ₃				
	F ₄				

11.2.2 Cambios históricos anuales en el área de referencia

La estimación del cambio histórico anual en el escenario sin proyecto se estima mediante la aplicación de la ecuación³⁵:

$$CSCN_{año} = \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{A_2}{A_1} \right) \times A_p$$

Donde:

$CSCN_{año}$ = Cambio en la superficie con cobertura vegetal natural en el escenario sin proyecto; ha año⁻¹

t_2 = Año final del periodo de referencia; año

t_1 = Año de inicio del periodo de referencia; año

A_1 = Superficie en cobertura vegetal natural en el área de referencia, en t_1 ; ha

auxiliares utilizados en la clasificación, en su caso; software y versión de software utilizada para llevar a cabo la clasificación; datos espaciales y análisis adicionales utilizados para el análisis posterior a la clasificación, incluidas las subdivisiones de clase que utilizan criterios espectrales, en su caso; etc.

³⁴ Cada clase tendrá un identificador único (IDcl). La metodología a veces utiliza la notación icl (= 1, 2, 3, ... Icl) para indicar las clases iniciales de cobertura; y fcl (= 1, 2, 3, Fcl) para indicar las clases finales. En este cuadro se enumeran todas las clases iniciales y finales.

³⁵ Puyravaud, Jean-Philippe. "Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation." *Forest ecology and management* 177.1-3 (2003): 593-596.

A_2 = Superficie en cobertura vegetal natural y en el área de referencia, en t2;
ha

A_p = Área elegible; ha

El CSCN corresponde al cambio promedio histórico del área del proyecto y será el valor utilizado para representar los cambios en la cobertura vegetal natural de la cobertura natural representativa de los ecosistemas de sabanas, en el escenario de línea base.

11.2.3 Proyección de los cambios anuales en el escenario con proyecto

La estimación de los cambios anuales, en el escenario con proyecto se lleva a cabo con la ecuación:

$$CSCN_{proy} = CSCN_{lb} \times (1 - \%DC_{proy})$$

Donde:

$CSCN_{proy}^{36}$ = Cambio en la superficie con cobertura vegetal natural en el escenario con proyecto; ha año⁻¹

$CSCN_{lb}$ = Cambio en la superficie con cobertura vegetal natural en el escenario sin proyecto; ha año⁻¹

$\%DC_{proy}$ = Proyección de la disminución de los cambios, debido a la implementación de las actividades del proyecto.

En el área del proyecto se estiman diferentes tasas de cambio en la superficie con cobertura vegetal natural para cada estrato³⁷. Las coberturas terrestres deben presentarse utilizando la siguiente tabla:

Tabla 5. Unidades de cobertura en el área del proyecto.

Cobertura		Descripción	Área por año			
			1	2	...	t
ID _i	Nombre		ha	ha	ha	ha
1						
2						
...						
n						

³⁷ Las coberturas o estratos pueden ser estáticos (con límites fijos) o dinámicos (con límites que cambian con el tiempo).

11.2.4 Cambios históricos anuales en el uso de la tierra en el área de fugas

La estimación de los cambios históricos en el área de fugas se estima con la ecuación:

$$CSCN_{f,año} = \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{A_2}{A_1} \right) \times A_f$$

Donde:

$CSCN_{f,año}$ = Cambio en la superficie de cobertura vegetal natural, en el área de fugas, en el escenario sin proyecto; ha año⁻¹

t_2 = Año final del periodo de referencia; año

t_1 = Año de inicio del periodo de referencia; año

A_1 = Superficie con cobertura vegetal natural, en el área de fugas; ha

A_2 = Superficie en la superficie con cobertura vegetal natural del área de fugas; ha

A_f = Área de fugas; ha

Con esta evaluación se obtiene una matriz de cambio de coberturas que combina todas las clases definidas. En la siguiente tabla deben mostrarse las categorías de cambio resultantes.

Tabla 6. Matriz de cambios en la cobertura vegetal en el área de fugas

IDcl		Clases Iniciales Cobertura			
		I1	I2	I3	I4
Clases Finales Cobertura	F1				
	F2				
	F3				
	F4				

11.2.5 Proyección de los cambios anuales en el área de fugas en el escenario con proyecto

La estimación de los cambios anuales en el área de fugas, en el escenario con proyecto se lleva a cabo con la ecuación:

$$CSCN_{proy,f,año} = CSCN_{f,lb} \times (1 + \%E_f)$$

Donde:

$CSCN_{proy,f,año}$ = Cambio en la cobertura vegetal natural, en el área de fugas, en el escenario con proyecto; ha año⁻¹

$CSCN_{f,lb}$ = Cambio en la superficie de cobertura vegetal natural, en el área de fugas, en el escenario de línea base; ha año⁻¹

$\%E_f$ = Porcentaje de aumento en las emisiones en el área de fugas debido a la implementación de las actividades del proyecto. El uso de un valor por defecto de 10% es aceptado en esta metodología.

En el área de fugas pueden estimarse diferentes tasas de cambio en la superficie con cobertura vegetal natural, si se ha llevado a cabo un proceso de estratificación³⁸. En una tabla como la siguiente, deben resumirse las unidades de cobertura terrestres resultantes.

Tabla 7. Unidades de cobertura en el área de fugas.

Cobertura		Descripción	Área por año			
			1	2	...	t
ID _i	Nombre		ha	ha	ha	ha
1						
2						
..						
n						

11.3 Factores de emisión

Los factores de emisión corresponden a las existencias de carbono en los reservorios considerados. El titular del proyecto debe presentar una descripción detallada de la estimación de los cambios en las existencias de carbono en dichos reservorios, de acuerdo con los lineamientos del IPCC y demostrar que su uso no genera sobreestimación de las emisiones en la línea base.

Los factores de emisión se determinan con base en las buenas prácticas de IPCC, bajo los siguientes supuestos:

- Se incluye la biomasa subterránea de manera diferencial al contenido de carbono orgánico en el suelo.
- Se asume que todo el carbono contenido en el depósito de biomasa aérea y subterránea se emite el mismo año que ocurre el evento de cambio de uso de la tierra.

³⁸ Las coberturas o estratos pueden ser estáticos (con límites fijos) o dinámicos (con límites que cambian con el tiempo).

- Se asume una emisión bruta en la que el contenido de carbono del suelo (COS) a 30 cm³⁹ se emite en proporciones iguales durante 20 años una vez sucede el evento de cambio de uso de la tierra.

11.3.1 Factor de emisión de carbono en la biomasa total

La biomasa total se estima a partir de la suma de la biomasa aérea (BA) y la biomasa subterránea (BS). El contenido de carbono de la biomasa total (FCB) es el producto de la BT y la fracción de carbono de la materia seca (FC). El dióxido de carbono equivalente contenido en la biomasa total (FCB_{eq}) es el producto entre el FCB y la constante de la proporción molecular entre el carbono (C) y el dióxido de carbono (CO₂). La estimación del FCB_{eq} se calcula según la ecuación:

$$FCBeq = BT \times FC \times \frac{44}{12}$$

Donde:

$FCBeq$ = Dióxido de carbono equivalente contenido en la biomasa total; tCO₂e ha⁻¹

BT = Biomasa total; t ha⁻¹

FC = Fracción de carbono de la materia seca (0,47)

$\frac{44}{12}$ = Constante de la proporción molecular entre el carbono (C) y el dióxido de carbono (CO₂).

11.3.2 Factor de emisión de carbono orgánico en el suelo (COS)

Las tasas anuales de emisiones por el carbono orgánico del suelo pueden determinarse mediante las siguientes opciones: (a) usando valores por defecto, (b) estimaciones propias del proyecto. Éstas se describen a continuación.

(a) Usando valores por defecto

El IPCC reconoce que “es una buena práctica utilizar el valor de referencia por defecto de las reservas de carbono (COS_{REF}) indicado en el Cuadro 3.3.3” de la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para UTCUTS (Escala 1).

³⁹ El titular del proyecto puede incluir la estimación de COS a una profundidad mayor a 30 cm. En ese caso, deberá realizar la estimación de COS en áreas con y sin cobertura natural y será la diferencia en COS entre ambas coberturas la que se utilizará en la ecuación presentada en la sección 11.3.2.

Suelos minerales

Los valores por defecto para el COS (en suelos minerales) se encuentran en la Tabla 8.

Tabla 8. Valor de referencia por defecto (con vegetación nativa) de las reservas de C orgánico en el suelo (COS_{REF}) en toneladas de C por ha, para una profundidad de 0 - 30 cm

Región climática	Suelos AAA ⁽¹⁾	Suelos ABA ⁽²⁾	Suelos arenosos ⁽³⁾	Suelos espódicos ⁽⁴⁾	Suelos volcánicos ⁽⁵⁾	Suelos de humedal ⁽⁶⁾
Boreal	68	NA	10 [#]	117	20 [#]	146
Templada fría, seca	50	33	34	NA	20 [#]	87
Templada fría, húmeda	95	85	71	115	130	
Templada cálida, seca	38	24	19	NA	70 [#]	88
Templada cálida, húmeda	88	63	34	NA	80	
Tropical, seca	38	35	31	NA	50 [#]	86
Tropical, húmeda	65	47	39	NA	70 [#]	
Tropical, muy húmeda	44	60	66	NA	130 [#]	

Nota: Los datos han sido obtenidos de bases de datos sobre suelos descritas por Jobbagy y Jackson (2000) y Bernoux et al. (2002). Las reservas están expresadas en valores medios. Para los tipos de suelo-clima se utiliza una estimación de error por defecto del 95% (expresada como el doble de la desviación estándar, en forma de porcentaje de la media). NA significa "no aplicable", ya que estos suelos no suelen darse en algunas zonas climáticas.

indica que no se disponía de datos y que se ha conservado los valores por defecto de las Directrices del IPCC.

⁽¹⁾ Los suelos con minerales de arcilla de alta actividad (AAA) son suelos con un nivel de desgaste entre leve y moderado, en los que predominan minerales de arcilla silicatada 2:1 (en la clasificación de la Base mundial de referencia para los recursos edáficos (BMR), este grupo abarca los leptosoles, vertisoles, kastanozems, chernozems, phaeozems, luvisoles, alisoles, albeluvisoles, solonetz, calcisoles, gypsisoles, umbrisoles, cambisoles, y regosoles; en la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) se incluyen también los mollisoles, vertisoles, alfisoles muy alcalinos, aridisoles e inceptisoles).

⁽²⁾ Los suelos con minerales de arcilla de baja actividad (ABA) son suelos muy desgastados en los que predominan los minerales de arcilla 1:1 y el hierro amorfo, así como los óxidos de aluminio (en la clasificación de la BMR, se incluyen los acrisoles, lixisoles, nitisoles, ferrisoles, y durisoles; en la clasificación del USDA se incluyen también los ultisoles, los oxisoles y los alfisoles ácidos).

⁽³⁾ Incluye todo tipo de suelos (con independencia de su clasificación taxonómica) que contengan más de un 70% de arena y menos de un 8% de arcilla, en base a análisis de textura tipificados (en la clasificación de la BMR se incluyen los arenosoles; en la clasificación del USDA se incluyen los psammentos).

⁽⁴⁾ Suelos muy podzolizados (en la clasificación de la BMR se incluyen los podzoles; en la clasificación del USDA, los espodosoles).

⁽⁵⁾ Suelos derivados de cenizas volcánicas con mineralogía alofánica (en la clasificación de la BMR, andosoles; en la clasificación del USDA, andisoles).

⁽⁶⁾ Suelos con drenaje restringido que ocasiona crecidas periódicas y condiciones anaeróbicas (en la clasificación de la BMR, gleysoles; en la clasificación del USDA, los subórdenes ácuicos).

Fuente: Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry ⁴⁰

⁴⁰ https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/GPG_LULUCF_FULLEN.pdf

Suelos orgánicos

Según el IPCC, "Al estimar las emisiones de los suelos orgánicos que han sido modificados mediante el drenaje artificial y otras prácticas para su uso como pastizales gestionados, se requiere un factor de emisión (FE) para diferentes regímenes climáticos. Los factores de emisión por defecto, que no han sido modificados por las Directrices del IPCC, figuran en el cuadro 3.4.6. Se excluyen los pastizales naturales "húmedos" que pueden utilizarse para el pastoreo estacional pero que no han sido drenados artificialmente". Los factores de emisión anuales (FE) para los suelos orgánicos de los pastizales gestionados se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Factores de emisión anuales (FE) para los suelos orgánicos de pastizales gestionados

Climatic temperature regime	IPCC valores por defecto (ton C ha ⁻¹ año ⁻¹)	Error ⁽¹⁾
Templado frío	0.25	±90%
Templado cálido	2.5	±90%
Tropical/sub-tropical	5.0	±90%
⁽¹⁾ Representa una estimación nominal del error, equivalente a dos veces la desviación estándar, como porcentaje de la media		

Fuente: Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry⁴¹

Se supondrá que las emisiones prosiguen mientras subsista la capa orgánica aeróbica y el suelo esté considerado como suelo orgánico.

(b) Estimaciones propias del proyecto

Los titulares de proyectos que determinen sus propios factores de emisión deben proporcionar pruebas con base científica de su fiabilidad y representatividad, y documentar los procedimientos experimentales utilizados para derivarlos y proporcionar estimaciones de incertidumbre.

Las reservas de carbono en el suelo deben determinarse a partir de mediciones. Las cuales deben llevarse a cabo por separado para cada unidad cartográfica de suelo identificada en los límites del proyecto. Para el cálculo de COS a partir de datos del proyecto debe usarse una metodología que cumpla con la rigurosidad técnica y estadística adecuadas para este tipo de estimaciones. Se sugiere usar el método descrito en el Anexo 1 de este documento.

⁴¹ Ibid, p. 3.42

Ahora bien, para estimar las emisiones por cambios en el uso de la tierra, para este reservorio, se asume una emisión bruta donde el contenido de carbono del suelo (COS) se emite en proporciones iguales durante 20 años una vez sucede el evento de cambio de uso de la tierra. Para esto se calcula la tasa anual de carbono del suelo emitido en 20 años ($COS_{20\text{años}}$), dividiendo el COS sobre 20, según la siguiente ecuación.

$$COSeq = \frac{COS}{20} \times \frac{44}{12}$$

Donde:

$COSeq$ = Dióxido de carbono equivalente contenido en los suelos; $tCO_2e\ ha^{-1}$

COS = Contenido de carbono del suelo; $tC\ ha^{-1}$

$\frac{44}{12}$ = Constante de la proporción molecular entre el carbono (C) y el dióxido de carbono (CO_2).

11.4 Emisiones de GEI en el periodo de análisis

La emisión anual por cambios en el uso de la tierra, en el escenario sin proyecto, se calcula siguiendo la ecuación:

$$EA_{lb} = CSCN_{lb} \times (CBF_{eq} + COSeq)$$

Donde:

EA_{lb} = Emisión anual en el escenario sin proyecto; $tCO_2\ ha^{-1}\ año^{-1}$

$CSCN_{lb}$ = Cambios históricos en el escenario sin proyecto; $ha\ año^{-1}$

CBF_{eq} = Dióxido de carbono equivalente contenido en la biomasa total; $tCO_2e\ ha^{-1}$

$COSeq$ = Contenido de carbono del suelo; $tC\ ha^{-1}$

La emisión anual por cambios en el uso de la tierra en el escenario con proyecto se calcula siguiendo la ecuación:

$$E_{proy,año} = CSCN_{proy} \times (CBF_{eq} + COSeq)$$

Donde:

$E_{proy,año}$ = Emisión anual en el escenario con proyecto; $tCO_2\ ha^{-1}$

$CSCNE_{proy}$ = Cambios en el uso de la tierra, con proyecto; $ha\ año^{-1}$

CBF_{eq} = Dióxido de carbono equivalente contenido en la biomasa total; tCO_{2e} ha⁻¹

COS_{eq} = Dióxido de carbono equivalente contenido en los suelos; tCO_{2e} ha⁻¹

La emisión anual por cambios en el uso de la tierra en el área de fugas se calcula siguiendo la ecuación:

$$E_{f,año} = CSCN_f \times (CBF_{eq} + COS_{eq})$$

Donde:

$E_{f,año}$ = Emisión anual en el área de fugas; tCO₂ ha⁻¹ año⁻¹

$CSCN_f$ = Cambios en el uso de la tierra en el área de fugas; ha año⁻¹

CBF_{eq} = Dióxido de carbono equivalente contenido en la biomasa total; tCO_{2e} ha⁻¹

COS_{eq} = Dióxido de carbono equivalente contenido en los suelos; tCO_{2e} ha⁻¹

11.4.1 Emisiones de otros GEI

Si el titular del proyecto identifica la presencia de incendios en el componente arbóreo, durante el periodo de monitoreo, deberá cuantificar las emisiones de CH₄ y N₂O causadas por la combustión de biomasa leñosa; teniendo en cuenta los lineamientos presentados en las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI.

La quema de biomasa es la mayor fuente natural (o seminatural) de producción de gas distinto del CO₂, la cantidad liberada se puede estimar utilizando factores de emisión basados en la cantidad de carbono liberado⁴².

La cuantificación de emisiones de CH₄ y N₂O causadas por la combustión de biomasa leñosa debe tener en cuenta los lineamientos presentados en las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI. Las emisiones de CH₄ y N₂O se calculan con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \text{Carbono liberado} \times 0,016 \times CO_2EFM$$

Donde:

CO₂EFM= Dióxido de carbono equivalente factor de 21

⁴² Pearson, T., Walker, S. & Brown, S. (2005). Sourcebook for Land use, Land-use change and forestry projects. Winrock International. 11-33 pp.

$$\text{Emisiones de } N_2O = \text{Carbono liberado} * 0,00011 * CO_2EFN$$

Donde:

CO₂EFN= dióxido de carbono equivalente factor de 310

11.5 Reducción de emisiones de GEI esperadas con la implementación de las actividades del proyecto

La reducción de las emisiones por evitar cambios en el uso de la tierra en sabanas naturales, en el escenario con proyecto, se estima de acuerdo con la ecuación:

$$RE_{proy} = (t_2 - t_1) \times (EA_{lb} - EA_{proy} - EA_f)$$

Donde:

RE_{proy} = Reducción de emisiones por evitar cambios en el uso de la tierra en el escenario con proyecto; tCO₂e

t_2 = Año final del periodo de referencia; año

t_1 = Año de inicio del periodo de referencia; año

EA_{lb} = Emisión por los cambios en el uso de la tierra en el escenario de línea base; tCO₂e año⁻¹

EA_{proy} = Emisión por cambios en el uso de la tierra en el área del proyecto; tCO₂e año⁻¹

EA_f = Emisión por cambios en el uso de la tierra en el área de fugas; tCO₂e año⁻¹

12 Manejo de la incertidumbre

De acuerdo con GOF-C-GOLD (2016) ⁴³, “la incertidumbre es una propiedad de la estimación de un parámetro y refleja el grado de falta de conocimiento del verdadero valor del parámetro debido a factores como el sesgo, el error aleatorio, calidad y cantidad de datos, estado de conocimiento del analista y conocimiento de procesos subyacentes. La incertidumbre puede expresarse como un intervalo de confianza porcentual en relación con el valor medio. Por ejemplo, si la superficie de tierras forestales convertidas en tierras de

⁴³ GOF-C-GOLD, 2016, A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals associated with deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation. GOF-C-GOLD Report version COP22-1, (GOF-C-GOLD Land Cover Project Office, Wageningen University, The Netherlands). Disponible en: http://www.gofcgold.wur.nl/redd/sourcebook/GOF-C-GOLD_Sourcebook.pdf.

cultivo (valor medio) es de 100 ha, con un intervalo de confianza del 95% que va de 90 a 110 ha, la incertidumbre en la estimación del área es de $\pm 10\%$.

En el marco del ESTÁNDAR BCR, para las estimaciones relacionadas con evitar cambios en el uso de la tierra, el manejo de la incertidumbre está determinado por la precisión de los mapas utilizados para estimar los valores de datos de actividad y la aplicación de descuentos en los factores de emisión.

Para los datos de actividad, la precisión debe ser mayor al 90%. La evaluación de precisión debe realizarse a partir del uso de observaciones de campo o análisis de imágenes de alta resolución.

Para los factores de emisión, se acepta una incertidumbre del 10% para el uso de los valores promedios de carbono (la evaluación se debe hacer por reservorio). Si la incertidumbre es mayor al 10%, se debe aplicar el valor inferior del intervalo de confianza de 95%⁴⁴.

En cuanto a las existencias de carbono en suelos, de acuerdo con el IPCC (2006)⁴⁵ *“Hay tres grandes fuentes de incertidumbre en los inventarios de C del suelo:*

- 1) incertidumbres en los datos de la actividad de uso y gestión de la tierra y del medio ambiente;*
- 2) incertidumbres con referencia a las existencias de C en el suelo si se utilizan los métodos de los Niveles 1 o 2 (suelos minerales solamente); e*
- 3) incertidumbres en los factores de cambios en las existencias y de emisión para los métodos de Niveles 1 o 2, error en la estructura/los parámetros del modelo para los métodos basados en el modelo de Nivel 3, o errores de medición/variabilidad en el muestreo relacionados con los inventarios basados en mediciones de Nivel 3.*

En general, la precisión de un inventario se incrementa (p. ej., menores intervalos de confianza) con mayor muestreo para estimar los valores para las tres categorías generales. Además, es más factible reducir el sesgo (es decir, mejorar la exactitud) mediante el desarrollo de un inventario de nivel superior que incluya información específica del país.”

⁴⁴ El titular del proyecto podrá usar datos de estudios científicos que tengan una incertidumbre de los datos menor al 10%.

⁴⁵ https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf

12.1 Selección conservadora de los valores por defecto

De acuerdo con las directrices de la Junta Ejecutiva del MDL⁴⁶, los titulares de los proyectos de GEI deben garantizar que la aplicación de los datos por defecto, para la estimación de los cambios en las existencias de carbono da lugar a estimaciones conservadoras.

Así, cuando se usen datos por defecto, al seleccionar la fuente de los datos, deben aplicarse las siguientes consideraciones:

- Si una metodología aprobada requiere la aplicación de un dato por defecto y proporciona su valor numérico, entonces el valor se considerará como el conservador;
- Los valores deben ser, en la medida de lo posible, específicos para cada especie, con una selección de las siguientes fuentes de datos (por orden de prioridad, primero la más alta):
 - Estudios locales revisados por expertos. De áreas con condiciones climáticas y de suelos similares a las del área del proyecto. Esto, siempre que los conjuntos pequeños de datos más típicos, de los estudios locales, se consideren suficientemente fiables;
 - Inventario forestal o de GEI regional o nacional para la misma zona ecológica (es decir, la misma zona climática amplia y una fertilidad y profundidad del suelo similares);
 - Inventario forestal o de GEI internacional o mundial, incluida la literatura del IPCC, para la misma zona ecológica.
- Si no se dispone de datos por defecto específicos de la especie, se pueden seleccionar datos de estudios de la misma zona ecológica para el mismo género y se consideran conservadores. Los datos por defecto también pueden seleccionarse de estudios en la misma zona ecológica para la misma familia, siempre que se compruebe la aplicabilidad de los datos (véase la sección 3.c. (i), en la guía). La prioridad para la selección de las fuentes de datos por defecto debe ser la indicada en el punto anterior.

⁴⁶ https://cdm.unfccc.int/Reference/Guidclarif/ar/methAR_guid26.pdf

13 Plan de monitoreo

Los titulares de proyectos deben describir los procedimientos para realizar seguimiento a las actividades del proyecto y a la reducción de emisiones de GEI, en el ámbito del proyecto.

El plan de monitoreo debe prever la recopilación de todos los datos relevantes necesarios para:

- (a) Verificar que se han cumplido las condiciones de aplicabilidad enumeradas en el numeral 4 de este documento;
- (b) Verificar los cambios en las reservas de carbono en los depósitos seleccionados;
- (c) Verificar las emisiones del proyecto y las fugas.

Los datos recopilados, deberán archivarlos durante un período de al menos dos años después del final del último período del proyecto, incluyendo los datos y parámetros monitoreados, los métodos usados para generar datos y su adecuada recopilación y archivo, así como los procesos relacionados con modelos de muestreo y el control de calidad de los mismos.

13.1.1 Monitoreo de los límites del proyecto

Los límites geográficos del proyecto, constituidos por las áreas elegibles⁴⁷ sobre las cuales se desarrollan las actividades del proyecto, deben incluirse en un Sistema de Información Geográfica (SIG), georreferenciando las áreas totales del proyecto, incluyendo el área de referencia.

De este modo, el seguimiento de la reducción de emisiones por cambios en el uso de la tierra será realizado para las áreas geográficas incluidas en el proyecto. La verificación periódica de los cambios en el uso de la tierra en el área del proyecto debe llevarse a cabo mediante los procedimientos descritos en la sección 11.1.

13.1.2 Monitoreo de la ejecución de las actividades del proyecto

El titular del proyecto debe diseñar un plan de monitoreo para cada actividad planteada, de acuerdo con la información presentada en la siguiente tabla.

Tabla 10. Monitoreo de la ejecución de las actividades del proyecto

ID actividad	
--------------	--

⁴⁷ Áreas elegibles se refiere a las áreas que cumplen con la condición de presencia de coberturas naturales, en las fechas de referencia establecidas por el Estándar BCR.

ID Indicador	
Nombre indicador	
Tipo ⁴⁸	
Meta ⁴⁹	
Unidad de medida	
Metodología de monitoreo	
Frecuencia de monitoreo	
Responsable de la medición	
Resultado del indicador en el periodo de reporte	
Documentos para soportar la información	
Observaciones	

13.1.3 Monitoreo de la permanencia del proyecto

El titular del proyecto debe identificar los riesgos de no permanencia del proyecto y diseñar un plan de monitoreo que incluya las medidas de mitigación, los indicadores de monitoreo y el procedimiento de reporte.

Siguiendo los lineamientos establecidos en el numeral 13 del Estándar BCR, los titulares del proyecto deben evaluar los riesgos relacionados con la ejecución de las actividades del proyecto, en los ámbitos ambiental, financiero y social. De acuerdo con la identificación de riesgos en estas tres dimensiones, el titular de proyecto debe diseñar medidas para gestionar los riesgos, de modo que la reducción de emisiones y/o remociones de GEI se mantengan durante el periodo de cuantificación del proyecto.

13.1.4 Monitoreo de las emisiones del proyecto

En el escenario con proyecto deben monitorearse, como mínimo, los datos de actividad. Los factores de emisión validados pueden ser aplicados en la estimación de emisiones monitoreadas. Los parámetros para la estimación de los datos de actividad se determinan siguiendo los lineamientos de la sección 11.1.

⁴⁸ Resultado, producto o impacto.

⁴⁹ Valor esperado y tiempo para su cumplimiento.

Datos de actividad

Cambios en el uso de la tierra (por año) en el área de proyecto

La estimación de los cambios en el uso de la tierra, en el área del proyecto, durante el periodo de monitoreo se lleva a cabo con la ecuación:

$$CSCN_{proy,año} = \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \times (A_1 - A_2)$$

Donde:

$CSCN_{proy,año}$ = Cambio en la superficie con cobertura vegetal natural en el área del proyecto; ha año⁻¹

t_2 = Año final del periodo de monitoreo; año

t_1 = Año de inicio del periodo de monitoreo; año

A_1 = Superficie con cobertura vegetal natural en el área del proyecto al iniciar el periodo de monitoreo; ha

A_2 = Superficie con cobertura vegetal natural en el área del proyecto al finalizar el periodo de monitoreo; ha

Cambios anuales de uso de la tierra en el área de fugas

La estimación de los cambios en el uso de la tierra, en el área de fugas, en el periodo de monitoreo se basa en la ecuación:

$$CSCN_{f,año} = \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \times (A_{f,1} - A_{f,2})$$

Donde:

$CSCN_{f,año}$ = Cambio en la superficie cubierta por bosque y/o por cobertura vegetal natural en el área de fugas; ha año⁻¹

t_2 = Año final del periodo de monitoreo

t_1 = Año de inicio del periodo de monitoreo

$A_{f,1}$ = Superficie con cobertura vegetal natural en el área de fugas al iniciar el periodo de monitoreo; ha

$A_{f,2}$ = Superficie con cobertura vegetal natural en el área de fugas al finalizar el periodo de monitoreo; ha

Emisiones de GEI en el periodo de análisis

La emisión anual por cambios en el uso de la tierra en el área de proyecto se calcula siguiendo la ecuación:

$$E_{proy,año} = CSCN_{proy} \times (CBF_{eq} + COS_{eq})$$

Donde:

$E_{proy,año}$ = Emisión anual en el área de proyecto; tCO₂ ha⁻¹

$CSCN_{proy}$ = Cambio de uso de la tierra en el área del proyecto; ha año⁻¹

CBF_{eq} = Dióxido de carbono equivalente contenido en la biomasa total; tCO₂e ha⁻¹

COS_{eq} = Contenido de carbono del suelo; tC ha⁻¹

La emisión anual en el área de fugas se calcula siguiendo la ecuación:

$$E_{f,año} = [CSCN_{proy,f} \times (CBF_{eq} + COS_{eq})] - EA_{f,lb}$$

Donde:

$E_{f,año}$ = Emisión anual en el área de fugas; tCO₂ ha⁻¹

$CSCN_{proy,f}$ = Cambios de uso de la tierra en el área de fugas; ha año⁻¹

CBF_{eq} = Dióxido de carbono equivalente contenido en la biomasa total; tCO₂e ha⁻¹

$EA_{f,lb}$ = Emisión anual en el área de fugas en el escenario de línea base; tCO₂e

Reducción de emisiones debidas a las actividades del proyecto

La reducción de las emisiones por evitar cambios en el uso de la tierra, en sabanas naturales, durante el periodo de monitoreo se estima de acuerdo con la ecuación:

$$RE_{proy,pm} = (t_2 - t_1) \times (EA_{lb} - EA_{proy,pm} - EA_f)$$

Donde:

$RE_{proy,pm}$ = Reducción de emisiones por evitar cambios en el uso de la tierra en el periodo de monitoreo; tCO₂e año⁻¹

t_2 = Año final del periodo de monitoreo

t_1 = Año de inicio del periodo de monitoreo

EA_{lb} = Emisión por cambios en el uso de la tierra en el escenario de línea base; tCO₂e

$EA_{proy,pm}$ = Emisión por cambios en el uso de la tierra en el área de proyecto para el periodo monitoreado; tCO₂e

EA_f = Emisión por cambios en el uso de la tierra en el área de fugas para el periodo monitoreado; tCO₂e

13.2 Procedimientos de control de calidad y aseguramiento de la calidad

El titular del proyecto debe diseñar un sistema de gestión y aseguramiento de la calidad que garantice el buen manejo, la calidad y confiabilidad de la información. El sistema de medidas y control de calidad (Quality Control/Assurance Control - QA/QC), debe ajustarse a las recomendaciones del IPCC⁵⁰. Para dar consistencia en los procesos, deben elaborarse protocolos y manuales para todas las actividades del proyecto. El proceso de QA/QC debe incluir, de manera complementaria, lo descrito en las secciones siguientes.

13.2.1 Revisión del procesamiento de la información

El tratamiento de los datos recolectados en campo, y el registro en los sistemas digitales debe ser revisado. Los datos registrados deberán ser revisados, por medio de una muestra del 10% de los registros (seleccionada al azar), con el fin de identificar posibles inconsistencias. Si hay errores, deberá hacerse una estimación porcentual de los mismos. El error de digitación no debe ser superior al 10%, en este caso, deberá revisarse la totalidad de los datos y hacer las correcciones necesarias.

13.2.2 Registro y sistema de archivo de los datos

La información debe ser guardada de manera organizada y segura en formatos digital y físico con suficientes copias (dependiendo del personal a cargo). De manera general, cada archivo debe contener: formularios de campo, estimaciones de los cambios en el contenido de carbono (ecuaciones y cálculos), información geográfica (GIS) y reportes de mediciones y monitoreo.

Los datos colectados deben ser archivados por un periodo de al menos dos años después de finalizar el periodo de cuantificación del proyecto.

⁵⁰ IPCC GPG LULUCF (2005). <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf/spanish/full.pdf>

ANEXO A. Estimación directa de carbono en sabanas naturales

Con base en la identificación de las coberturas de la tierra y el análisis de información geográfica y ecológica para la delimitación y clasificación de las sabanas, se define el muestreo de campo. La estimación directa de carbono a partir de mediciones en campo permite calcular los factores de emisión en el área del proyecto. Esta estimación consiste en tres etapas:

Plan de mediciones

Para la cuantificación de las existencias de carbono se debe desarrollar un plan de medición con base en los siguientes pasos⁵¹:

- a) Definir los límites del proyecto (Sección 7).
- b) Estratificar el área del proyecto (Sección 11.1).
- c) Seleccionar los depósitos de carbono a medir (Sección 7.2)

Definición puntos de muestreo

La delimitación del área del proyecto y estratificación da origen a los polígonos de los estratos. Sobre estos, se define el tipo de muestreo a realizar: sistemático (*Figura 1.a*), aleatorio (*Figura 1.b*) o en transecto (*Figura 1.c*). Esto se define teniendo en cuenta los diferentes tipos de coberturas. En general se recomienda realizar muestreo sistemático. En caso de presentarse pendientes pronunciadas, se recomienda el muestreo en transectos. El distanciamiento de los puntos está dado por la escala espacial.

Se requiere que la precisión del muestreo esté dentro del (10%) del valor real de la media, con un 95% de nivel de confianza⁵². Los datos de campo y muestras deben ser representativos de los diferentes sistemas y tomados de forma independiente.

El número de parcelas se calcula de la siguiente manera⁵³:

$$(n) = ((t * s)/E)^2$$

n= número de parcelas

⁵¹ Pearson, T., Walker, S. & Brown, S. (2005). Sourcebook for Land use, Land-use change and forestry projects. Winrock International. 11-33 pp. Adicionalmente el proyecto deberá tener en cuenta la Guía de Buenas prácticas para el uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura del IPCC.

⁵² Cisneros-de la Cruz D.J., J. A Herrera-Silveira, C. Teutli-Hernández, S.A Ramírez-García, A. Moreno-Martínez, J. Mendoza-Martínez, J. Montero-Muñoz, F. Paz-Pellat, R. M. Roman-Cuesta. 2021. Manual para la Medición, Monitoreo y Reporte del Carbono y Gases de Efecto Invernadero en Manglares en Restauración. Proyecto, Mainstreaming Wetlands into the Climate Agenda: A multi-level approach (SWAMP). CIFOR/CINVESTAVIPN/UNAM-Sisal/PMC, 90pp.

⁵³ Una herramienta útil para calcular el número de parcelas está disponible en <http://www.winrock.org/Ecosystems/tools.asp> (Winrock International 2011). Para usar la herramienta, ingrese la precisión deseada y el número, área, densidad media de carbono y coeficiente de variación de cada estrato.

t = estadístico de la distribución t para el intervalo de confianza de 95%, t es generalmente 2, debido a que el tamaño de muestra es desconocido.

s = desviación estándar esperada o conocida de datos previos o iniciales.

E = error admisible en la primera mitad del intervalo de confianza, obtenido de multiplicar el promedio de la reserva de carbono por la precisión deseada, i.e. $\cdot 0,1$ (precisión de 10%).



Figura 1. Toma de muestras a) sistemática, b) aleatoria, c) en transecto

Planee la temporada de trabajo de campo acorde con las condiciones climáticas en el área del proyecto, se sugiere tomar datos y muestras como mínimo una vez al año, al final de la estación seca. En caso de ocurrir dos o más estaciones secas al año, debe hacerse al final del periodo más seco del año. En ese momento queda el valor neto del carbono, especialmente en el suelo, después del potencial incremento en la estación lluviosa y pérdida en la estación seca.

Mediciones en campo

Ubicar en campo los puntos de muestreo preestablecidos, de acuerdo con la delimitación y estratificación las áreas del proyecto, teniendo en cuenta los siguientes lineamientos:

a) Suelo

Tomar las muestras del perfil del suelo usando un muestreador de suelos. Se recomienda tomar muestras de 0,5 m de profundidad o más, segmentadas así: 0-30, 30-50 cm pero se debe muestrear como mínimo el segmento de 0-30 cm de profundidad.

b) Biomasa herbácea y hojarasca

Delimitar la muestra de biomasa herbácea (0.25 m², 0.50 m² o 1.00 m²).

Recolectar manualmente o con ayuda de una herramienta de corte, toda la biomasa que se encuentre en el interior del cuadrante. En caso de usar el cuadrante más pequeño se debe tomar una muestra compuesta, es decir que integre al menos tres muestras.

En áreas inundadas con plantas acuáticas enraizadas, se recomienda usar cuadrantes de bordes altos para poder delimitar la biomasa dentro de la columna de agua. En zonas profundas de vegetación se recomienda usar un cuadrante de material flotante.

Las muestras deben ser empaquetadas de manera individual, debidamente rotuladas con un sistema de códigos preestablecido, con el cual se identifique el punto de muestreo. Se deben almacenar y transportar en un lugar fresco o refrigerado.

c) Biomasa leñosa, arbustiva

Respecto a los depósitos de biomasa leñosa, arbustiva, se sugiere el uso de la metodología propuesta por Kauffman et al. (2016)⁵⁴, tanto para las mediciones en campo, como para el análisis de laboratorio y cálculos. Los contenidos de carbono estimados para estos depósitos deben ser adicionados a la suma de biomasa total (BT).

Análisis de laboratorio

a) Suelo

Las muestras de suelo se secan a 60°C hasta que estén libres de humedad para garantizar su conservación. Luego se tamizan con tamiz de 2 mm para remover los restos de biomasa subterránea (>2mm). Las muestras se envían al laboratorio para su preparación final y posterior análisis elemental de CNH⁵⁵ por combustión. La cantidad de muestra a enviar y otros detalles de la preparación de las muestras para el análisis (molienda y tamizaje), deben ser coordinados con el laboratorio que realice los análisis. Se debe reservar una porción de la muestra como contramuestra para poder ser usada en caso de pérdida de muestras o por si hay que repetir análisis.

La densidad en los diferentes segmentos del perfil de suelo muestreados debe ser calculada. Este dato es importante para poder cuantificar el contenido de carbono. La densidad se mide tomando una muestra de suelo, de volumen definido, cuidando de no alterar el volumen del suelo, por ejemplo, por compactación de la muestra. Una vez la muestra está completamente seca, se pesa y se calcula la densidad así:

⁵⁴ Kauffman JB, Arifanti VB, Basuki I, Kurnianto S, Novita N, Murdiyarso D, Donato DC and Warren MW. 2016. Protocols for the measurement, monitoring, and reporting of structure, biomass, carbon stocks and greenhouse gas emissions in tropical peat swamp forests. Working Paper 221. Bogor, Indonesia: CIFOR.

⁵⁵ CNH (Carbono, Nitrógeno e Hidrógeno)

DAs = peso seco (g) / Volumen de la muestra fresca (cm³)

$$DAs = \frac{\text{peso seco (g)}}{\text{volumen de la muestra fresca (cm}^3\text{)}}$$

Donde:

DAs= Densidad aparente del suelo (gr/cm³) (*Bulk density*)

Historial del documento

Tipo de documento

Documento metodológico Proyectos que evitan el cambio de uso del suelo en sabanas naturales

Versión	Fecha	Naturaleza del documento
Documento para consulta pública	13 de septiembre de 2022	Versión inicial Documento sometido a consulta pública
Versión 1.0	21 de octubre de 2022	Documento ajustado después de consulta pública