

Documento Metodológico

SECTOR AFOLU

Cuantificación de la Reducción de Emisiones o Remociones de GEI de Proyectos Sectoriales de mitigación de GEI

**ACTIVIDADES QUE EVITAN EL CAMBIO DE USO DEL
SUELO EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA**

PROCLIMA®

DOCUMENTO PARA CONSULTA PÚBLICA | 25 de JUNIO de 2020

© 2020 PROCLIMA®. Todos los derechos reservados. Prohibida su reproducción total o parcial sin autorización expresa de PROCLIMA.

PROCLIMA. 2020. DOCUMENTO METODOLÓGICO SECTOR AFOLU. Cuantificación de la Reducción de Emisiones o Remociones de GEI de Proyectos Sectoriales de mitigación de GEI. Actividades que evitan el cambio de uso del suelo en ecosistemas de alta montaña. Documento para consulta pública. 25 de junio de 2020. 56 p. Bogotá, Colombia. <http://www.proclima.net.co>

Tabla de contenido

1	Introducción	7
1.1	Objetivos	8
2	Versión y vigencia	8
3	Alcance	8
4	Condiciones de aplicabilidad	9
5	Referencias normativas	10
6	Términos y definiciones	10
7	Límites del proyecto	18
7.1	Límites espaciales	18
7.1.1	Área del proyecto.....	18
7.1.2	Región de referencia para la estimación de la línea base	19
7.1.3	Área de fugas.....	20
7.2	Depósitos de carbono y fuentes de GEI.....	20
7.2.1	Depósitos de carbono.....	20
7.2.2	Fuentes de GEI.....	21
7.3	Límites temporales y periodos de análisis.....	22
7.3.1	Periodo histórico de cambios en el uso del suelo	22
7.3.2	Estimación de las reducciones de emisiones del proyecto.....	22
8	Identificación del escenario de línea base y adicionalidad	23
9	Causas y agentes que generan cambios en el uso del suelo	29
10	Actividades del proyecto	29
11	Cuantificación de la reducción de emisiones de GEI	30
11.1	Estratificación	30
11.2	Datos de actividad	30
11.2.1	Cambios en el uso del suelo	30

Estimación de los cambios en el uso del suelo a partir del promedio histórico	31
Cambios históricos anuales en el escenario sin proyecto	31
Proyección de los cambios en el uso del suelo (por año) en el escenario con proyecto	32
Cambios históricos en el uso del suelo (por año) en el área de fugas	32
Proyección de los cambios en el uso del suelo (por año) en el área de fugas en el escenario con proyecto	33
11.3 Factores de emisión	33
Factor de emisión de carbono en la biomasa total	34
Factor de emisión de carbono en el suelo	34
11.4 Emisiones de GEI en el periodo de análisis	35
11.5 Reducción de emisiones de GEI esperadas con la implementación de las actividades del proyecto	36
12 Manejo de la incertidumbre	37
13 Plan de monitoreo	37
13.1.1 Monitoreo de los límites del proyecto	38
13.1.2 Monitoreo de la ejecución de las actividades del proyecto	38
13.1.3 Monitoreo de la permanencia del proyecto	39
13.1.4 Monitoreo de las emisiones del proyecto	39
Datos de actividad	39
Cambios en el uso del suelo (por año) en el área de proyecto	39
Cambios anuales de uso del suelo en el área de fugas	40
Emisiones de GEI en el periodo de análisis	40
Reducción de emisiones del proyecto	41
13.2 Procedimientos de control de calidad y aseguramiento de la calidad	42
13.2.1 Revisión del procesamiento de la información	42
13.2.2 Registro y sistema de archivo de los datos	42
ANEXO A. Contenido de carbono en la vegetación y en el suelo	43
ANEXO B. Estimación del factor de emisión Carbono Orgánico en Suelos (COS)	51

Listado de tablas

Tabla 1. Depósitos de carbono	21
Tabla 2. Fuentes de emisión y GEI.....	21
Tabla 3. Monitoreo de la ejecución de las actividades del proyecto	38

Documento para consulta

Siglas y acrónimos

AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo
ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
BA	Biomasa aérea
BS	Biomasa subterránea
BT	Biomasa total
CBF	Contenido de carbono de la biomasa total
CCV	Créditos de Carbono Verificados
DBA	Diferencia media de la biomasa aérea transición
DBT	Diferencia biomasa total transición
DCBF	Diferencia carbono contenido en la biomasa total
CH ₄	Metano
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CO ₂	Dióxido de carbono
CO _{2e}	Dióxido de carbono equivalente
COS	Carbono orgánico del suelo
CSCN	Cambio en la superficie con cobertura vegetal natural
f	Fracción de carbono de la materia seca
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GEI	Gases de Efecto Invernadero
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change)
N ₂ O	Óxido nitroso
NTC	Norma Técnica Colombiana
ONU	Organización de las Naciones Unidas
QA/QC	Sistema de medidas y control de calidad (Quality Control/Assurance Control)
REDD+	Reducción de las Emisiones debidas a la Deforestación, la Degradación y la conservación del bosque, el manejo sostenible o la mejora de las reservas de carbono en los bosques.
SIG	Sistema de Información Geográfica
SMBYC	Sistema de monitoreo de bosques y carbono

1 Introducción

Los ecosistemas de alta montaña se encuentran en el espacio geográfico correspondiente a las culminaciones altitudinales de las cordilleras andinas a partir de los 2700 +/- 100 m, en cuyo modelado han intervenido procesos de origen glaciar y peri glaciar junto con la acción volcánica en la cordillera central y el macizo colombiano¹.

De acuerdo con FAO, *“los ecosistemas de montaña son más frágiles que las tierras bajas. La creciente demanda de agua y otros recursos naturales, las consecuencias del cambio climático global, el crecimiento del turismo y de las presiones de la industria, la minería y la agricultura amenazan la extraordinaria red de vida que sustentan las montañas y los servicios ambientales mundialmente importantes que ofrecen las montañas”*².

Se reconoce entonces que, a pesar de su legítimo valor ecológico y socioeconómico, los ecosistemas de alta montaña están siendo sometidos a presiones, cada vez mayores, por actividades antrópicas. Es por ello que en su agenda de desarrollo sostenible, la ONU determina acciones para la conservación de los ecosistemas montañosos, tales como: *“De aquí a 2030, asegurar la conservación de los ecosistemas montañosos, incluida su diversidad biológica, a fin de mejorar su capacidad de proporcionar beneficios esenciales para el desarrollo sostenible”*³.

Por tanto, acciones que contemplen un enfoque integrado del paisaje, incluyendo la reconversión productiva y/o la sustitución hacia actividades más sostenibles y la restauración ecológica en ecosistemas de alta montaña pueden brindar incentivos económicos para la conservación y el fortalecimiento de la gobernanza local.

En consecuencia, las actividades que evitan el cambio de uso del suelo en ecosistemas de alta montaña constituyen una opción para proyectos sectoriales de mitigación de GEI en el sector AFOLU, enmarcados en el Programa de Certificación y Registro PROCLIMA.

Esta metodología provee a los titulares de proyectos sectoriales de mitigación, las buenas prácticas relacionadas con los procedimientos, modelos, parámetros y datos para

¹ Sarmiento, C., Cadena, C., Sarmiento, M., Zapata, J. & León, O. 2013. Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia.

² FAO y la agenda de Desarrollo Post-2015 (15.4)

³ Naciones Unidas. Asamblea General. 2015. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015. 70/1. Septuagésimo período de sesiones, Temas 15 y 116 del programa. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. 21 de octubre de 2015. 35 p.

cuantificar la reducción de emisiones o remociones de GEI, atribuibles a las actividades de proyecto.

La metodología contempla los aspectos relacionados con la definición de actividades que evitan el cambio del suelo en ecosistemas de alta montaña, los límites espaciales y temporales, causas y agentes de cambios en el uso del suelo, la identificación del escenario de línea base y adicionalidad, el manejo de la incertidumbre en la cuantificación de línea base y resultados de mitigación, así como el manejo de riesgos y fugas y de la no permanencia.

1.1 Objetivos

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

- (a) brindar los requisitos para la cuantificación de reducciones de emisiones o remociones de GEI de actividades que evitan el cambio de uso del suelo en ecosistemas de alta montaña;
- (b) proporcionar los requerimientos metodológicos para la identificación de la línea base de proyectos que evitan el cambio de uso del suelo en ecosistemas de alta montaña;
- (c) proveer las exigencias metodológicas para demostrar adicionalidad de los proyectos que evitan cambios de uso del suelo en ecosistemas de alta montaña;
- (d) describir los requisitos para el monitoreo y seguimiento de las actividades de proyectos que evitan el cambio del uso del suelo en ecosistemas de alta montaña;

2 Versión y vigencia

Este documento constituye la versión para consulta pública. Junio 25 de 2020.

3 Alcance

Este documento metodológico corresponde a una metodología de: línea base, cuantificación de reducciones de emisiones o remociones de GEI y monitoreo de proyectos sectoriales de mitigación, en el sector AFOLU, incluyendo el manejo de fugas y las consideraciones de no permanencia. Esta Metodología se limita a actividades de

proyecto que generan reducciones o remociones de emisiones de GEI por evitar cambios de uso del suelo en ecosistemas de alta montaña.

Esta metodología deberá ser empleada por proyectos en ecosistemas de alta montaña, para certificarse y registrarse con el “Programa de Certificación y Registro de Iniciativas de Mitigación de GEI y otros Proyectos de Gases Efecto Invernadero”. Programa PROCLIMA.

Si el titular de una iniciativa propone actividades que impliquen el uso de diferentes metodologías, en la misma iniciativa de mitigación de GEI, puede hacerlo, siempre y cuando se cumplan las condiciones de aplicabilidad y los requisitos contenidos en las metodologías aplicadas en conjunto.

4 Condiciones de aplicabilidad

Esta Metodología es aplicable bajo las siguientes condiciones:

- (a) las actividades del proyecto evitan el cambio de uso del suelo en ecosistemas de alta montaña;
- (b) las causas de los cambios de uso del suelo identificadas incluyen: la ampliación de la frontera agropecuaria, la extracción de madera, la actividad minera y la expansión de infraestructura urbana;
- (c) las actividades del proyecto no incluyen el drenaje en el área del proyecto y las actividades de drenaje fuera del área del proyecto no afectan las áreas en los límites del proyecto;
- (d) la alteración del suelo atribuible a la actividad del proyecto no abarca más del 10% de la superficie del área en los límites del proyecto;
- (e) es posible que las reservas de carbono en la materia orgánica del suelo, la hojarasca y la necromasa disminuyan, o permanezcan estables, en ausencia de las actividades del proyecto, es decir, en relación con el escenario de línea base;
- (f) la cuantificación de GEI diferentes al CO₂ deben ser incluidos en la cuantificación de emisiones causadas por incendios durante el periodo de monitoreo;

5 Referencias normativas

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

- (a) Programa PROCLIMA. Programa de Certificación y Registro de Iniciativas de Mitigación de GEI y otros Proyectos de Gases Efecto Invernadero, en su versión más reciente;
- (b) la legislación nacional vigente, relacionada con proyectos sectoriales de mitigación de GEI, o aquella que la modifique o actualice;
- (c) la resolución 471 de 2020, o aquella que la modifique o actualice;
- (d) la resolución 1447/2018, o aquella que la modifique o actualice;
- (e) las Directrices del IPCC 2006 y 2019 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.
- (f) las directrices, otras orientaciones y/o guías que defina PROCLIMA, en el ámbito de los proyectos en el sector AFOLU.

6 Términos y definiciones

Actividades forestales de remoción de GEI

Son acciones de mitigación de GEI basadas en actividades forestales como: sistemas silvopastoriles (pastos y árboles plantados), sistemas agroforestales (cultivos agroforestales), plantaciones comerciales (plantaciones forestales), y otras herramientas de manejo del paisaje, siempre y cuando se desarrollen en áreas diferentes a bosque natural o coberturas vegetales naturales diferentes a bosque⁴.

Las actividades forestales de remoción de GEI también pueden incluir acciones conducentes a la restauración de ecosistemas degradados, tales como: (a) restauración ecológica, (b) rehabilitación ecológica y, (c) recuperación ecológica⁵.

⁴ Los nombres en paréntesis corresponden a las definiciones contenidas en CORINE Land Cover adaptado para Colombia. Ver en Glosario de términos.

⁵ Intervenciones consideradas como restauración ecológica

Adicionalidad

Es la característica que permite demostrar que las reducciones de emisiones o remociones de GEI derivadas de la implementación de una iniciativa de mitigación de GEI generan un beneficio neto a la atmósfera en términos de emisiones reducidas o removidas de GEI.

Se consideran adicionales aquellas reducciones de emisiones o remociones de GEI que el titular de la iniciativa de mitigación de GEI demuestre que no hubiesen ocurrido en ausencia de la iniciativa de mitigación de GEI, teniendo en consideración lo dispuesto en la sección 8 de este documento.

AFOLU (Sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra)

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.

Agentes causantes de los cambios de uso del suelo

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 los bosques o coberturas vegetales naturales hacia otras coberturas y usos, y cuyas acciones se ven manifestadas en el territorio a través de una o más causas directas.

Áreas elegibles

Los límites del proyecto deben estar localizados en áreas que incluyan ecosistemas de alta montaña. A su vez, son elegibles las áreas que cumplen con la condición de presencia de bosque y/o coberturas vegetales naturales, en las fechas de referencia establecidas por el Programa PROCLIMA. Es decir, las áreas dentro de los límites geográficos del proyecto corresponden a la categoría de bosque (de acuerdo con la definición del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono) o a coberturas vegetales naturales, al inicio de las actividades del proyecto, y cinco años antes de la fecha de inicio del proyecto.

Bosque

Tierra ocupada principalmente por árboles, que puede contener arbustos, palmas, guaduas, hierbas y lianas, en la que predomina la cobertura arbórea con una densidad mínima del dosel de 30%, una altura mínima del dosel (in situ) de 5 m al momento de su identificación, y un área mínima de 1,0 ha. Se excluyen las coberturas arbóreas de

plantaciones forestales comerciales, cultivos de palma, y árboles sembrados para la producción agropecuaria.

La definición de bosque hace referencia a bosque natural. Esta definición es consecuente con los criterios definidos por la CMNUCC en su decisión 11/COP.7, con la definición adoptada por Colombia ante el Protocolo de Kyoto, así como con la definición de la cobertura de bosque natural incluida en la adaptación para Colombia de la leyenda de la metodología Corine Land Cover -CLC Colombia-.

Cambio de uso del suelo

Los cambios de uso del suelo que constituyen pérdida de cobertura natural. Es decir, cambios generados por actividades antrópicas, que resultan en la conversión de bosques o coberturas vegetales naturales a otros usos del suelo.

Cuando el cambio de uso del suelo es de cobertura de bosque a otro tipo de cobertura, se denomina deforestación.

Causas directas de cambios de uso del suelo

Las causas directas se relacionan con actividades humanas que afectan directamente los bosques o coberturas vegetales naturales. 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 del suelo

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.

Coberturas vegetales naturales, diferentes a bosque

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica. Para la leyenda de CORINE Land Cover adaptada para Colombia, en esta clase se incluyen otros tipos de cobertura tales como las áreas cubiertas por vegetación principalmente

arbustiva con dosel irregular y presencia de arbustos, palmas, enredaderas y vegetación de bajo porte.

Depósito de carbono

Compartimiento en el cual ocurren los cambios en las existencias de carbono en ecosistemas terrestres (biomasa aérea, biomasa subterránea, necromasa, hojarasca, materia orgánica del suelo), de acuerdo con lo definido en las Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Ecosistemas de alta montaña⁶

La alta montaña colombiana es definida como el espacio geográfico correspondiente a las culminaciones altitudinales de las cordilleras andinas a partir de los 2700 +/- 100 m, en cuyo modelado han intervenido procesos de origen glaciar y peri glaciar (actual y heredado), junto con la acción volcánica en la cordillera Central y el Macizo Colombiano.

Esta zona se caracteriza por la presencia de volcanes, glaciares, cuencas hidrográficas altas receptoras de humedad, sistemas lagunares y páramos. Adicionalmente, cuenta con la máxima densidad de cuerpos de agua respecto a las demás áreas del país, exceptuando las zonas inundables de los ríos.

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 que apliquen esta metodología, la fecha de inicio corresponde a la fecha en la cual comienza la implementación de las actividades del proyecto, relacionadas directamente con la disminución de los cambios en el uso del suelo.

Fracción de carbono

Toneladas de carbono por tonelada de biomasa seca.

⁶ Sarmiento, C., Cadena, C., Sarmiento, M., Zapata, J. & León, O. 2013. Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia.

Fuente, sumidero, o reservorio de GEI relacionado

Fuente, sumidero o reservorio de GEI que tiene flujos de energía o de materiales hacia el interior, hacia el exterior, o dentro del proyecto.

Fugas

Las posibles emisiones que ocurrirían fuera de los límites del proyecto, por las actividades de la iniciativa 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.

Herramientas de manejo del paisaje

Las herramientas de manejo del paisaje son elementos del paisaje que constituyen o mejoran el hábitat, incrementan la conectividad funcional o cumplen simultáneamente con estas funciones para la biodiversidad nativa. Las herramientas de manejo del paisaje pueden incluir corredores biológicos y de conservación y cercas vivas.

Los corredores (biológicos y de conservación) constituyen herramientas de manejo del paisaje que favorecen el movimiento y el intercambio genético entre poblaciones locales aisladas espacialmente, por efectos de la fragmentación y pérdida de hábitat. Pueden constituirse siguiendo rutas naturales de dispersión y migración, como cursos de agua, o ser constituidos mediante estrategias de restauración sobre zonas abiertas. Los corredores biológicos pueden ser remanentes cuando se conserva la conexión entre parches de bosque o, restaurados cuando son nuevamente establecidos.

Las cercas vivas son una herramienta clave para incrementar la conectividad estructural, el aprovisionamiento de recursos y la disminución de costos de mantenimiento de cercas. Con las cercas vivas se busca generar las mayores y más eficientes conexiones posibles de los fragmentos de bosque, como en áreas fuertemente limitadas, sin alterar a gran escala las actividades productivas existentes. Las cercas vivas disminuyen la presión sobre los bosques al disminuir la demanda de maderas finas.

Humedales

Según el Convenio Ramsar protección de humedales, en su artículo número 1 del protocolo *"define una zona húmeda o humedal como cualquier extensión de marisma, pantano o turbera, o superficie cubierta de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas*

las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros" (Ramsar, 1971)⁷.

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"*⁸.

De acuerdo con IDEAM (2010)⁹ – Leyenda Nacional Coberturas de la Tierra, Capítulo 4, Áreas húmedas: *"Comprende aquellas coberturas constituidas por terrenos anegadizos, que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática, localizados en los bordes marinos y al interior del continente"*. A su vez, las áreas húmedas se agrupan en las siguientes dos categorías: (4.1) Áreas húmedas continentales (Zonas Pantanosas, Turberas, Vegetación acuática sobre cuerpos de agua) y (4.2) Áreas húmedas costeras (Pantanos costeros, Salitral y Sedimentos expuestos en bajamar).

Línea base o Escenario de referencia

La línea base o escenario de referencia es el escenario que razonablemente representa la suma de las variaciones en las reservas de carbono, incluidas en los límites del proyecto, que ocurrirían en ausencia de las actividades de la iniciativa.

No bosque

Tierra que nunca ha tenido una cobertura forestal, que es incapaz de soportar árboles, o que anteriormente era una cobertura arbórea pero cambió a una cobertura diferente. Incluye plantaciones forestales comerciales, cultivos de palma y árboles sembrados para la producción agropecuaria.

Páramo¹⁰

Ecosistema de alta montaña, ubicado entre el límite superior del bosque andino y, si se da el caso, con el límite inferior de los glaciares o nieves perpetuas, en el cual domina una vegetación herbácea y de pajonales, frecuentemente frailejones y puede haber

⁷ En: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=411:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-13#imagenes>.

⁸ https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_03_Ch3_Representation.pdf

⁹ IDEAM, 2010. LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D.C., 72p. Disponible en: http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=a64629ad-2dbe-4e1e-a561-fc16b8037522&groupId=762

¹⁰ Resolución No. 0769 del 05 de agosto de 2002 (MAVDT).

formaciones de bosques bajos y arbustivos y presentar humedales como los ríos, quebradas, arroyos, turberas, pantanos, lagos y lagunas.

Comprende tres franjas en orden ascendente: el subpáramo, el páramo propiamente dicho y el super páramo. Los límites altitudinales en que se ubican estos ecosistemas varían entre las cordilleras, debido a factores orográficos y climáticos locales. La intervención antrópica también ha sido un factor de alteración en la distribución altitudinal del páramo, por lo cual se incluyen en esta definición los páramos alterados por el hombre.

Subpáramo o páramo bajo: Franja inferior del páramo que sigue a la ocupada por la vegetación arbórea del bosque andino de la región. Se caracteriza por el predominio de chuscales, vegetación arbustiva y de bosques bajos altoandinos.

Páramo propiamente dicho: Franja intermedia del páramo caracterizada principalmente por vegetación dominante de pajonales y diferentes especies de frailejones.

Super páramo o páramo alto: Franja superior del páramo caracterizada por poca cobertura vegetal y diferentes grados de superficie de suelo desnudo.

Páramo azonal: Páramos ubicados en zonas atípicas según condiciones edáficas y climáticas extremas y locales, caracterizándose por vegetación de tipo paramuno.

Permanencia

Es la longevidad de un depósito de carbono y la estabilidad del mismo, teniendo en cuenta el manejo y alteración del ambiente en donde ocurre.

Región de referencia

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

Restauración

De acuerdo con el Plan Nacional de Restauración Ecológica (MADS, 2015)¹¹, la restauración es una estrategia de carácter interdisciplinario, en la cual se articula el conocimiento científico para dar respuestas a procesos de gestión y manejo de los

¹¹ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Bogotá, D.C.: Colombia. 92 p.

ecosistemas, ante las necesidades de restablecer los ecosistemas degradados y prevenir futuros daños.

La restauración incluye intervenciones como: (a) restauración ecológica, (b) rehabilitación ecológica y, (c) recuperación ecológica.

La restauración ecológica consiste en restablecer el ecosistema degradado a una condición similar al ecosistema pre-disturbio respecto a su composición, estructura y funcionamiento. Además, el ecosistema resultante debe ser un sistema autosostenible y debe garantizar la conservación de especies, del ecosistema en general así como de la mayoría de sus bienes y servicios.

La rehabilitación ecológica persigue llevar al sistema degradado a un sistema similar o no al sistema pre-disturbio, éste debe ser autosostenible, preservar algunas especies y prestar algunos servicios ecosistémicos.

La recuperación ecológica pretende recuperar algunos servicios ecosistémicos de interés social. Generalmente los ecosistemas resultantes no son autosostenibles y no se parecen al sistema pre-disturbio.

Suelos orgánicos

Según la definición de FAO (adoptada por IPCC)¹², los suelos orgánicos (histosoles) 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:

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).

¹² Hiraishi, Takahiko, et al. "2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands." *IPCC, Switzerland* (2014).

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.

7 Límites del proyecto

7.1 Límites espaciales

7.1.1 Área del proyecto

El titular del proyecto debe demostrar que las áreas en los límites geográficos del proyecto corresponden a la categoría de bosque (de acuerdo con la definición del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono) o a coberturas vegetales naturales, al inicio de las actividades del proyecto, y cinco años antes de la fecha de inicio del proyecto.

Los titulares de la iniciativa de mitigación de GEI podrán sumar 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 son:
 - i) Cumplir con las directrices del Programa de Certificación y Registro de Iniciativas de Mitigación de GEI y otros Proyectos de Gases Efecto Invernadero, en su versión más reciente;
 - ii) Dar cumplimiento a todo lo dispuesto en el DOCUMENTO METODOLÓGICO SECTOR AFOLU. Cuantificación de Reducciones de Emisiones o Remociones de GEI de Proyectos Sectoriales de mitigación de

GEI. Actividades que evitan el cambio de uso del suelo en ecosistemas de alta montaña, en su versión más reciente;

- iii) Incluir la reducción y/o remoción de emisiones, solamente para las actividades de proyecto validadas¹³;
 - iv) Implementar las actividades para evitar los cambios de uso del suelo descritas en el documento del proyecto validado;
 - v) la adicionalidad, las causas y agentes de los cambios en el uso del suelo, la tenencia de la tierra y el escenario de línea base de las áreas nuevas deben ser consistentes con las características validadas para las áreas iniciales, y
 - vi) Tener una fecha de inicio posterior a la fecha de inicio de las áreas incluidas en la validación.
- (c) Si el cinturón de fugas se traslapa con el área de expansión validada, el titular del proyecto debe realizar la actualización del cinturón de fugas para incluir los posibles desplazamientos de las acciones de cambio de uso del suelo por la implementación de las actividades del proyecto.

7.1.2 Región de referencia para la estimación de la línea base

El titular del proyecto debe delimitar un área o región de referencia para la estimación de los cambios en el uso del suelo en ausencia del proyecto. La región de referencia puede incluir una o más áreas y debe ser similar al área del proyecto en términos de acceso, agentes y determinantes de los cambios en el uso del suelo, categorías de uso del suelo y/o cambio del uso del suelo, condiciones ambientales y socioeconómicas, contexto político y normas exigibles.

Los límites geográficos de la región de referencia dependerán de la presión de deforestación histórica del área del proyecto y deben cumplir con los siguientes criterios:

- (a) la región de referencia puede incluir todo o parte del área del proyecto;
- (b) los agentes y causantes de los cambios en el uso del suelo, identificados en la región de referencia, pueden acceder al área del proyecto;

¹³ Una actividad excluida en la validación no puede ser contemplada en un área nueva.

- (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 deben estar representadas en la región de referencia, luego de excluir el área del proyecto;
- (e) las áreas con acceso restringido a los agentes y causantes de los cambios en el uso del suelo deben ser excluidas.

El titular del proyecto debe contar con información cartográfica adecuada para evaluar el uso de suelo y los cambios en la cobertura vegetal durante el periodo de referencia histórico, tanto en la región de referencia como en el área del proyecto. Esto debe realizarse para al menos tres periodos de tiempo, registrando los pasados 10 años, antes del inicio de las actividades de proyecto. Esto debe llevarse a cabo a partir del procesamiento digital de imágenes de sensores remotos.

7.1.3 Área de fugas

Área de bosque o cobertura vegetal natural¹⁴ en la que se puede generar un desplazamiento de las actividades que generan los cambios en el uso del suelo y que se encuentra fuera del control del titular del proyecto. Es decir, el área a la cual pueden desplazarse los agentes que generan cambios en el uso del suelo, como consecuencia de las actividades del proyecto.

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

- (a) Debe incluir todas las áreas en bosque y/o cobertura vegetal natural que estén dentro del rango de movilidad de los agentes identificados en la sección 9¹⁵.
- (b) Debe excluir las áreas de acceso restringido a los agentes que generan cambios en el uso del suelo.

7.2 Depósitos de carbono y fuentes de GEI

7.2.1 Depósitos de carbono

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

¹⁴ El área de bosque o cobertura vegetal natural debe cumplir los criterios de elegibilidad del área en los límites del proyecto.

¹⁵ La distancia de movilidad de los agentes se puede determinar a partir de estudios secundarios o del levantamiento de información primaria (evaluación rural participativa).

titulares de los proyectos pueden elegir 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 o remociones de GEI, cuantificadas por el proyecto.

La elección de los depósitos de carbono, para cuantificar los cambios en las reservas de carbono en los límites del proyecto se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Depósitos de carbono

Depósito de carbono	Incluir (Sí/No/Opcional)	Justificación
Biomasa aérea	Sí	El cambio en las reservas de carbono en este depósito es significativo.
Biomasa subterránea	Sí	El cambio en las reservas de carbono en este depósito es significativo.
Necromasa y hojarasca	Opcional	Siendo conservador, si se espera que el contenido de carbono en estos depósitos disminuya, en el escenario sin proyecto, puede omitirse.
Carbono orgánico del suelo	Sí	El cambio en las reservas de carbono en este depósito es significativo en los ecosistemas de alta montaña.

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

Fuente	GEI	Incluir (Sí/No)	Justificación
Combustión de biomasa leñosa ¹⁶	CO ₂	No	Las emisiones de CO ₂ debidas a la combustión de biomasa leñosa son cuantificadas como cambios en las reservas de carbono.

¹⁶ 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	Incluir (Sí/No)	Justificación
	CH ₄	Sí	La emisión de CH ₄ debe ser incluida si la presencia de incendios fue identificada en el periodo de monitoreo.
	N ₂ O	Sí	La emisión de N ₂ O debe ser incluida si la presencia de incendios fue identificada en el periodo de monitoreo.

7.3 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 del suelo y para los cuales son cuantificadas las reducciones de emisiones 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.

7.3.1 Periodo histórico de cambios en el uso del suelo

El análisis del promedio histórico de cambios en el uso del suelo para la región de referencia y 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).

El análisis del promedio histórico para la región de referencia y el área de fugas debe realizarse mínimo para dos periodos: fecha de inicio – año intermedio - diez años antes de la fecha de inicio.

La proyección de los cambios en el uso del suelo en la región de referencia y área de fugas contempla cinco años a partir de la fecha de inicio.

7.3.2 Estimación de las reducciones de emisiones del proyecto

La estimación de la reducción de emisiones del proyecto corresponde al periodo de cuantificación del mismo, es decir, el período durante el cual el titular de la iniciativa cuantificará las reducciones de emisiones o remociones de GEI, medidas con respecto a

la línea base, a fines de solicitar al programa de certificación, la emisión de los Créditos de Carbono Verificados (CCV).

El periodo de análisis para el área del proyecto durante la verificación corresponde al periodo de monitoreo.

8 Identificación del escenario de línea base y adicionalidad

Los titulares de la iniciativa de mitigación de GEI 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 LULUCF¹⁷ sus titulares deben seleccionar el más apropiado entre los criterios que figuran a continuación, justificando la conveniencia de su elección.

- (a) Cambios existentes o históricos, según corresponda en las reservas de carbono en los límites del proyecto;
- (b) 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;
- (c) 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 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.

¹⁷ En las Decisiones de la Junta Ejecutiva, se señala: Forestación y Reforestación, no obstante, el ámbito de esta metodología aplica también para actividades forestales de remoción de GEI.

El titular del proyecto debe identificar el escenario de línea base, mediante los siguientes pasos¹⁸:

PASO 0. Fecha de inicio del proyecto

Fecha en la cual comienzan las actividades que se traducirán en reducciones de emisiones y/o remociones efectivas 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 del suelo, que podrían ser el escenario de línea base, mediante los siguientes sub-pasos:

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

Identifique alternativas realistas y creíbles de uso del suelo 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 del suelo 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 del suelo (previo al proyecto);
- (b) Proyectos sin la certificación de la reducción de emisiones;
- (c) Otras alternativas de uso del suelo 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 del suelo en la región donde se ubica el proyecto.

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

¹⁸ 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 del suelo con las leyes y regulaciones aplicables

Las leyes y regulaciones aplicables están dadas por las políticas nacionales y sectoriales, relacionadas con los recursos naturales, las actividades del proyecto y las actividades generadas como resultado del cambio de uso del suelo. Demuestre que todas las alternativas de uso del suelo, 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 del suelo identificados en el sub-paso 1a cualquier alternativa de uso del suelo 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 del suelo 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 del suelo, el proyecto no es adicional.

PASO 2. Análisis de barreras

Determine si la iniciativa de mitigación de GEI enfrenta barreras que:

- (a) Previenen o limitan la implementación de este tipo de iniciativa de mitigación de GEI; 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 3a. 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:

- (a) El financiamiento de la deuda no está disponible para este tipo de proyecto;
- (b) 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;
- (c) Falta de acceso al crédito;

Barreras institucionales, entre otras:

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

Barreras debidas a condiciones sociales, entre otras:

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

- (a) La propiedad de la tierra, con una jerarquía de derechos para diferentes partes interesadas, limita los incentivos para emprender el proyecto;
- (b) Falta de legislación y regulación de tenencia de la tierra, adecuada para apoyar la seguridad de la tenencia;

- (c) Ausencia de derechos de propiedad claramente definidos y regulados en relación con los productos y servicios de recursos naturales;
- (d) 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 de la iniciativa lleven a cabo el proyecto, si no se espera su participación en el mercado de carbono.

El titular del proyecto de mitigación 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 3b. 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 3a o 3b no se cumple, el proyecto no puede considerarse adicional por medio del análisis de barreras.

Si se satisfacen ambos Sub-pasos (3a y 3b), continúe con el Paso 4 (Impacto del registro del proyecto).

PASO 4. 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:

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

Si se cumple el Paso 4, el proyecto no corresponde al escenario base y, por lo tanto, es adicional.

Si no se cumple el Paso 4, el proyecto no es adicional.

9 Causas y agentes que generan cambios en el uso del suelo

El titular del proyecto debe identificar, describir y analizar las causas y agentes que generan cambios en el uso del suelo, en el área de proyecto como insumo para:

- (a) diseñar las medidas y acciones para reducir los cambios en el uso del suelo, y
- (b) delimitar la región de referencia.

Los elementos clave para desarrollar una caracterización de causas y agentes que generan cambios en el uso del suelo deben contemplar lo siguiente:

- (a) dimensiones espaciales y temporales,
- (b) contexto,
- (c) actores clave, intereses y motivaciones,
- (d) actividades económicas y su importancia,
- (e) impacto directo e indirecto,
- (f) relaciones y sinergias, y
- (g) cadena de eventos que generan los cambios en el uso del suelo

10 Actividades del proyecto

Las actividades para evitar los cambios en el uso del suelo, en el área del proyecto, deben diseñarse a partir de los resultados del análisis de causas y agentes. Asimismo, debe contemplarse lo establecido por las comunidades (si aplica), con base en la construcción participativa, en el caso de territorios campesinos. 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, tipo¹⁹, meta²⁰, unidad de medida y responsable de la medición.

11 Cuantificación de la reducción de emisiones de GEI

11.1 Estratificación

Si la distribución de la biomasa, en las áreas del proyecto (o debida a las actividades 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 en el proyecto.

El titular del proyecto deberá definir 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 o remociones de GEI. En particular:

- (a) para el escenario de línea base, usualmente es suficiente estratificar el área de acuerdo con las coberturas naturales, en el área del proyecto;
- (b) para el escenario con proyecto, en áreas sobre las cuales se evita el cambio de uso del suelo, la estratificación debe basarse en los cambios en cobertura natural en el área del proyecto y en las unidades de suelo (zonas homogéneas para cuantificación y monitoreo de COS).

11.2 Datos de actividad

11.2.1 Cambios en el uso del suelo

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 del suelo. La estimación

¹⁹ Resultado, producto o impacto.

²⁰ Valor esperado y tiempo para su cumplimiento.

de la CSCN dependerá de la región de referencia identificada según lo dispuesto en la sección 7.1.2.

Estimación de los cambios en el uso del suelo a partir del promedio histórico

El titular del proyecto debe llevar a cabo el análisis de cambio de la cobertura de bosque a no bosque y/o cobertura vegetal natural a otra cobertura entre al menos dos fechas (fecha de inicio y diez años antes de la fecha de inicio).

Para calcular la superficie con pérdida de bosque o cobertura vegetal natural entre las dos fechas deben tenerse en cuenta únicamente las áreas para las cuales se detecta bosque/cobertura vegetal natural en la primera fecha y cobertura diferente a bosque/cobertura vegetal natural 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 bosque/cobertura natural detectadas, luego de una o varias fechas sin información²¹ 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.

En adelante, el término cobertura vegetal natural comprende tanto bosque como cobertura vegetal natural diferente a bosque.

Cambios históricos anuales en el escenario sin proyecto

La estimación del cambio histórico anual en el escenario sin proyecto se estima mediante la aplicación de la ecuación²²:

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

Donde:

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

²¹ 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.

²² Tomada de la propuesta de nivel de referencia de las emisiones forestales por deforestación en Colombia para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC (https://redd.unfccc.int/files/02012019_nref_colombia_v8.pdf).

- t_2 = Año final del periodo de referencia
 t_1 = Año de inicio del periodo de referencia
 A_1 = Superficie en cobertura vegetal natural del área bajo control en el momento inicial; ha
 A_2 = Superficie en cobertura vegetal natural del área bajo control en el momento final; ha

El CSCN corresponde al cambio promedio histórico del área del proyecto y será el valor utilizado para representar la pérdida de bosque y/o cobertura vegetal natural que se espera, en el escenario sin proyecto.

Proyección de los cambios en el uso del suelo (por año) en el escenario con proyecto

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

$$CSCN_{im} = CSCN_{lb} \times (1 - \%PE)$$

Donde:

- $CSCN_{im}^{23}$ = Cambio anual en la cobertura vegetal natural en el escenario con proyecto; ha
 $CSBCN_{lb}$ = Cambio anual en la cobertura vegetal natural en el escenario sin proyecto; ha
 $\%PE$ = Proyección de la disminución de los cambios en el uso del suelo debido a la implementación de las actividades del proyecto.

Cambios históricos en el uso del suelo (por año) en el área de fugas

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

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

²³ La propuesta de nivel de referencia de las emisiones forestales por deforestación en Colombia para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC considera un cálculo del ajuste por circunstancias nacionales. El titular del proyecto podrá ajustar el valor de $CSBCN_{im}$ siguiendo los lineamientos del anexo para la estimación del ajuste por circunstancias nacionales (https://redd.unfccc.int/files/31122019_anexo_circunstancias_nref_nal_v7.pdf).

Donde:

- $CS_{lb,f}$ = Cambio anual en la superficie de cobertura vegetal natural en el área de fugas, en el escenario sin proyecto; ha
- t_2 = Año final del periodo de referencia
- t_1 = Año de inicio del periodo de referencia
- $A_{1lb,f}$ = Superficie con cobertura vegetal natural del área de fugas en el momento inicial del periodo de referencia; ha
- $A_{2lb,f}$ = Superficie con cobertura vegetal natural del área de fugas en el momento final del periodo de referencia; ha

Proyección de los cambios en el uso del suelo (por año) 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:

$$CS_{im,f} = CS_{bl,f} \times (1 + \%PF)$$

Donde:

- $CSB_{im,f}$ = Cambio anual en la cobertura vegetal natural en el área de fugas, en el escenario con proyecto; ha
- $ACSB_{bl}$ = Cambio anual en la superficie de cobertura vegetal natural en el área de fugas, en el escenario sin proyecto; ha
- $\%PF$ = 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.

11.3 Factores de emisión

Los factores de emisión presentan variaciones, dependiendo de la cobertura y el depósito de carbono que se esté cuantificando. El anexo A presenta una compilación de datos de

carbono en la vegetación y en el suelo²⁴ dependiendo de la cobertura dominante y la localización.

Si el titular del proyecto pretende utilizar depósitos adicionales, debe presentar una descripción detallada de su estimación, de acuerdo con los lineamientos del IPCC y demostrar que su uso no genera sobreestimación de las emisiones en la línea base.

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 (CBF) es el producto de la BT y la fracción de carbono de la materia seca (f). El dióxido de carbono equivalente contenido en la biomasa total (CBF_{eq}) es el producto entre el CBF y la constante de la proporción molecular entre el carbono (C) y el dióxido de carbono (CO_2). La estimación del CBF_{eq} se calcula según la ecuación:

$$CBF_{eq} = BT \times f \times \frac{44}{12}$$

Donde:

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

BT = Biomasa total; t ha^{-1}

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

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 en el uso del suelo.

Factor de emisión de carbono en el suelo

Las tasas anuales de emisiones por el carbono orgánico del suelo pueden determinarse mediante las siguientes opciones: (a) usando valores por defecto (Anexo A), (b) usando información que cumpla con las condiciones establecidas por el Programa PROCLIMA o,

²⁴ El titular de la iniciativa puede utilizar los valores reportados en esta metodología para el carbono orgánico del suelo o estimarlo de acuerdo con los lineamientos del anexo B.

(c) aplicando modelos de muestreo²⁵ y estimaciones por unidad de suelo en las áreas del proyecto²⁶.

Para el caso de la estimación de las emisiones por cambios en el uso del suelo, para el depósito de suelos, 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 deforestación. Para esto se calcula la tasa anual de carbono del suelo emitido en 20 años (COS_{20años}), 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; tCO₂e 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 (CO₂).

11.4 Emisiones de GEI en el periodo de análisis

La emisión anual por cambios en el uso del suelo en el escenario sin proyecto se calcula siguiendo la ecuación:

$$EAlb = (CSBlb \times CBF_{eq}) + COS_{eq}$$

Donde:

$EAlb$ = Emisión anual en el escenario sin proyecto; tCO₂ ha⁻¹

$CSBlb$ = Cambios históricos anuales en el escenario sin proyecto; ha

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

COS = Contenido de carbono del suelo; tC ha⁻¹

²⁵ La estimación de las emisiones, relacionadas con cambios en el carbono orgánico en suelos (COS), debe llevarse a cabo por separado para cada unidad cartográfica de suelo identificada en los límites del proyecto. Los lineamientos para la estimación de COS a partir de datos del proyecto se encuentra descrito en el anexo B.

²⁶ El IGAC cuenta con la descripción de las unidades cartográficas de suelos, bajo los términos de la guía G40100-02.

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

$$E_{Aim} = (CSB_{im} \times CBF_{eq}) + COS_{eq}$$

Donde:

- E_{Aim} = Emisión anual en el escenario con proyecto; tCO₂ ha⁻¹
 CSB_{im} = Cambios en el uso del suelo por año con proyecto; ha
 CBF_{eq} = Dióxido de carbono equivalente contenido en la biomasa; tCO₂e ha⁻¹
 COS_{eq} = Dióxido de carbono equivalente contenido en los suelos; tCO₂e ha⁻¹

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

$$E_{Af} = (CSB_f \times CBF_{eq}) + COS_{eq}$$

Donde:

- E_{Af} = Emisión anual en el área de fugas; tCO₂ ha⁻¹
 CSB_f = Cambios en el uso del suelo por año en el área de fugas; ha
 CBF_{eq} = Dióxido de carbono equivalente contenido en la biomasa; tCO₂e ha⁻¹
 COS_{eq} = Dióxido de carbono equivalente contenido en los suelos; tCO₂e ha⁻¹

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 del suelo en los ecosistemas de alta montaña, en el escenario con proyecto, se estima de acuerdo con la ecuación:

$$RE = (t_2 - t_1) \times (E_{Alb} - E_{Aim} - E_{Af})$$

Donde:

- RE = Reducción de emisiones por evitar cambios en el uso del suelo en el escenario con proyecto; tCO₂e
 t_2 = Año final del periodo de referencia

t_1 = Año de inicio del periodo de referencia

$EAlb$ = Emisión anual por los cambios en el uso del suelo en el escenario de línea base; tCO₂e

$EAIM$ = Emisión anual por cambios en el uso del suelo en el área del proyecto; tCO₂e

EAF = Emisión anual por cambios en el uso del suelo en el área de fugas; tCO₂e

12 Manejo de la incertidumbre

De acuerdo con GOFC-GOLD (2016) , “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 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 Programa PROCLIMA, para las estimaciones relacionadas con evitar cambios en el uso del suelo, 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 descuentos²⁷ 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 depósito). Si la incertidumbre es mayor al 10%, se debe aplicar el valor inferior del intervalo de confianza de 95%²⁸.

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.

²⁷ Los descuentos son distintos y adicionales al 15% de reserva dispuesto en la sección 11.8 del Programa PROCLIMA.

²⁸ El titular del proyecto podrá usar datos de estudios científicos que tengan una incertidumbre de los datos menor al 20%.

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 elegibles²⁹ 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 la región y de referencia y el cinturón de fugas.

De este modo, el seguimiento de la reducción de emisiones por cambios en el uso del suelo será realizado para las áreas geográficas incluidas en el proyecto. La verificación periódica de los cambios en el uso del suelo en área del proyecto debe llevarse a cabo mediante los procedimientos descritos en la sección 11.4.

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 3. Monitoreo de la ejecución de las actividades del proyecto

ID actividad	
ID Indicador	
Nombre indicador	
Tipo ³⁰	

²⁹ Áreas elegibles se refiere a las áreas que cumplen con la condición de presencia de bosque u otras coberturas naturales, en las fechas de referencia establecidas por el Programa PROCLIMA.

³⁰ Resultado, producto o impacto.

Meta ³¹	
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 reporte³². Deben evaluarse los riesgos biofísicos y socioeconómicos incluyendo por los menos: fuegos, inundaciones, disputas relacionadas a la tenencia de la tierra, conflictos entre los actores del proyecto, no apropiación de las actividades del proyecto y déficit en la gobernanza.

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 11.2.

Datos de actividad

Cambios en el uso del suelo (por año) en el área de proyecto

La estimación de los cambios en el uso del suelo, en el área del proyecto, durante el

³¹ Valor esperado y tiempo para su cumplimiento.

³² En caso de presencia de fuegos, debe identificarse el área afectada, estimar la emisión de N₂O y CH₄ e incluir dichas emisiones en la cuantificación de las emisiones del proyecto en el periodo de monitoreo.

periodo de monitoreo se lleva a cabo con la ecuación:

$$CSB_{im,m} = \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \times (A_i - A_m)$$

Donde:

$CSB_{im,m}$ = Cambio anual en la superficie cubierta por bosque y/o cobertura vegetal natural en el área del proyecto; ha

t_2 = Año final del periodo de monitoreo

t_1 = Año de inicio del periodo de monitoreo

A_i = Superficie boscosa y/o de cobertura vegetal natural en el área del proyecto al iniciar el periodo de monitoreo; ha

A_m = Superficie boscosa y/o de cobertura vegetal natural en el área del proyecto al finalizar el periodo de monitoreo; ha

Cambios anuales de uso del suelo en el área de fugas

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

$$CSB_{m,f} = \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \times (A_{i,f} - A_{m,f})$$

Donde:

$CSB_{lb,f}$ = Cambio anual en la superficie cubierta por bosque y/o por cobertura vegetal natural en el área de fugas; ha

t_2 = Año final del periodo de monitoreo

t_1 = Año de inicio del periodo de monitoreo

$A_{i,f}$ = Superficie boscosa y/o con cobertura vegetal natural en el área de fugas al iniciar el periodo de monitoreo; ha

$A_{m,f}$ = Superficie boscosa y/o 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 del suelo en el área de proyecto se calcula siguiendo la ecuación:

$$EA_{im,m} = CSB_{im,m} \times CBF_{eq}$$

Donde:

$EA_{im,m}$ = Emisión anual en el área de proyecto; tCO₂ ha⁻¹

$CSB_{im,m}$ = Cambio anual de uso del suelo en el área del proyecto; ha

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

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

$$EA_{fm} = (CSB_{fm} \times CBF_{eq}) - EA_f$$

Donde:

EA_{fm} = Emisión anual en el área de fugas; tCO₂ ha⁻¹

CSB_{fm} = Cambios anuales de uso del suelo en el área de fugas; ha

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

EA_f = Emisión anual en el área de fugas en el escenario de línea base; tCO_{2e}

Reducción de emisiones del proyecto

La reducción de las emisiones por evitar cambios en el uso del suelo en ecosistemas de alta montaña, durante el periodo de monitoreo se estima de acuerdo con la ecuación:

$$RE_m = (t_2 - t_1) \times (E_{alb} - EA_{im,m} - EA_{fm})$$

Donde:

RE_m = Reducción de emisiones por evitar cambios en el uso del suelo en el periodo de monitoreo; tCO_{2e}

t_2 = Año final del periodo de monitoreo

t_1 = Año de inicio del periodo de monitoreo

E_{alb} = Emisión anual por cambios en el uso del suelo en el escenario de línea base; tCO_{2e}

$EA_{im,m}$ = Emisión anual por cambios en el uso del suelo en el área de proyecto para el periodo monitoreado; tCO₂e

$EA_{f,m}$ = Emisión anual por cambios en el uso del suelo 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 IPCC³³. 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)³⁴ 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 acreditación de la actividad de proyecto.

³³ IPCC GPG LULUCF (2005). <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf/spanish/full.pdf>

³⁴ La información geográfica debe manejarse siguiendo los estándares de calidad de la norma técnica colombiana NTC 5043. Consultar en: Instituto Colombiano de normas técnicas - ICONTEC. 2010. NTC 5043. Información geográfica. Conceptos básicos de calidad de los datos geográficos. Bogotá D.C. 20 p.

El titular del proyecto de mitigación de GEI debe contar con el respectivo metadato, siguiendo los lineamientos del Modelo de Almacenamiento Geográfico (ANLA). Consultar en: <http://portal.anla.gov.co/sistema-informacion-geografica>.

ANEXO A. Contenido de carbono en la vegetación y en el suelo

Tabla A.1. Contenido de carbono en la vegetación

Localización			Cobertura	Carbono en la vegetación (t C ha ⁻¹)			Fuente
País	Departamento	Municipio/Localidad		Mínimo	Promedio	Máximo	
Colombia	Antioquia	Angelópolis	Bosque altoandino	143,4	143,4	143,4	Yepes-Quintero, A., Navarrete-Encinales, D., Phillips-Bernal, J., Cabrera-Montenegro, E., Corrales-Osorio, A., & Vargas-Galvis, D. (2011). Estimación de las reservas y pérdidas de carbono por deforestación en los bosques del departamento de Antioquia, Colombia Estimation of Carbon Stocks and Loss By Deforestation in the Forests of Antioquia, Colombia. Actualidades Biológicas, 33(95), 193–208.
		Anorí		123,2	123,2	123,2	
		Belmira		82,4	82,4	82,4	
		Caicedo		92,35	92,35	92,35	
		Jardín		93,45	93,45	93,45	
		Valdivia		79,75	79,75	79,75	
	Caldas	PNN Los Nevados	Bosque altoandino	20	106,3	192,6	Gómez, R., Luz, G., Ríos, A., Carlos, V., García, E., Fabio, D., Moreno, C. (2012). Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia natural, 16(316).
			Páramo	17,3	19,85	22,4	
	Cundinamarca	PNN Chingaza	Bosque altoandino	20	106,3	192,6	

Localización			Cobertura	Carbono en la vegetación (t C ha ⁻¹)			Fuente
País	Departamento	Municipio/Localidad		Mínimo	Promedio	Máximo	
			Páramo	17,3	19,85	22,4	
	Huila	Acevedo	Bosque altoandino	99,03	244,05	396,09	Yepes, A., Herrera, J., Phillips, J., Cabrera, E., Galindo, G., Granados, E., Duque, Á., Barbosa, A., Olarte, C., & Cardona, M. (2015). Contribución de los bosques tropicales de montaña en el almacenamiento de carbono en Colombia. Revista de Biología Tropical, 63(1), 69–82. https://doi.org/10.15517/rbt.v63i1.14679
		Pitalito		97,5	114,005	140,92	
	Santander	-	Bosque altoandino	139,86	158,275	176,69	Agudelo, M. (2009). Biomasa aérea y contenido de carbono en bosques de <i>quercus humboldtii</i> y <i>Colombobalanus excelsa</i> : corredor de conservación de robles Guantiva – La Rusia – Iguaque
	Tolima	Reserva Natural Semillas de Agua	Bosque altoandino	32,2	71,35	110,5	Segura Madrigal, M. A., Andrade Castañeda, H. J., & Mojica Sánchez, C. A. (2019). Structure, floristic composition and carbon storage in native forests of
			Subpáramo	144,9	144,9	144,9	

Localización			Cobertura	Carbono en la vegetación (t C ha-1)			Fuente
País	Departamento	Municipio/Localidad		Mínimo	Promedio	Máximo	
							Paramo de Anaime, Tolima, Colombia. Ciencia Florestal, 29(1), 157-168. https://doi.org/10.5902/1980509826551
Ecuador	Loja	Parque Nacional Podocarpus	Páramo	2,9	6,3	14,4	Aguirre, N., Luna, T. O., Eguiguren, P., & Mendoza, Z. A. (2015). Cambio Climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los Páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador.
	Comuna Zuleta	-		14	20,1	24,1	Farley, K. A., Bremer, L. L., Harden, C. P., & Hartsig, J. (2013). Changes in carbon storage under alternative land uses in biodiverse Andean grasslands: Implications for payment for ecosystem services. Conservation Letters, 6(1), 21-27. https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00267.x
				2,3	3,75	5,2	

Tabla A.2. Contenido de carbono orgánico del suelo

Localización			Cobertura	Profundidad (cm)		Carbono en el suelo (t C ha ⁻¹)			Fuente
País	Departamento	Municipio /Localidad		Mín.	Máx.	Mín.	Promedio	Máx.	
Colombia	Boyacá	Complejo Tota – Bijagual – Mamapacha	Páramo	0	15	-	39,4	-	Márquez, L., Cely, G. (2013). El páramo y su potencial de captura de carbono. Experiencia páramo La Cortadera – Boyacá.
				15	30	-	46,1	-	
				0	15	-	15,2	-	
				15	30	-	17,0	-	
				0	15	-	81,4	-	
				15	30	-	100,6	-	
		Samacá	Páramo	0	15	-	46,7	-	Fernández, C., Cely, G., & Serrano, P. (2019). Cuantificación de la captura de carbono y análisis de las propiedades del suelo en coberturas naturales y una plantación de pino en el páramo de Rabanal , Colombia 1 Quantification of Carbon Sequestration and Analysis of Soil Properties in Natural Coverag. Cuadernos de Geografía, 28, 121–133. https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.66152.1
				15	30	-	106,0	-	

Localización			Cobertura	Profundidad (cm)		Carbono en el suelo (t C ha ⁻¹)			Fuente
País	Departamento	Municipio /Localidad		Mín.	Máx.	Mín.	Promedio	Máx.	
	Cauca	-	Bosque altoandino	0	20	-	111,6	-	Realpe, I. D. S. B., Pardo, C. A. A., & Peinado, F. J. M. (2014). Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio en sistemas altoandinos de Colombia. Acta Agronómica, 63(2). https://doi.org/10.15446/acag.v63n2.39569
	Cundinamarca	Sumapaz	Páramo	0	25	-	188,2	-	
				25	50	-	183,4	-	
				50	75	-	178,4	-	
	Risaralda	PNN Los Nevados	Páramo	0	20	-	112,0	-	
									Avellaneda-Torres, L. M., León Sicard, T. E., & Torres Rojas, E. (2018). Impact of potato cultivation and cattle farming on physicochemical parameters and enzymatic activities of Neotropical high Andean Páramo ecosystem soils. Science of the Total Environment, 631–632(April), 1600–1610.

Localización			Cobertura	Profundidad (cm)		Carbono en el suelo (t C ha ⁻¹)			Fuente
País	Departamento	Municipio /Localidad		Mín.	Máx.	Mín.	Promedio	Máx.	
									https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.137
	Santander	-	Bosque altoandino	0	15	-	144,9	-	Africano Pérez, K. L., Cely Reyes, G. E., & Serrano Cely, P. A. (2016). Potential CO ₂ Capture Associated with Edaphic Component in Moorlands Guantiva-La Rusia, Department of Boyaca, Colombia. Perspectiva Geográfica, 21(1), 91-109.
			Páramo	15	30	-	110,0	-	
	Tolima	Santa Isabel	Bosque altoandino	0	40	-	122,4	-	Rojas, A. S., Andrade, H., & Segura, M. (2018). Los suelos del paisaje Altoandino de Santa Isabel (Tolima, Colombia) ¿son sumideros de carbono orgánico? Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 21(1), 51-59. https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.662
	Valle del Cauca	Cerrito	Bosque altoandino	0	20	52,6	53,1	53,5	Gómez, F. (2015). Emisión de gases de efecto invernadero y contenidos de carbono y nitrógeno del suelo en un agroecosistema ganadero altoandino en Tenerife, valle del cauca

Localización			Cobertura	Profundidad (cm)		Carbono en el suelo (t C ha ⁻¹)			Fuente
País	Departamento	Municipio /Localidad		Mín.	Máx.	Mín.	Promedio	Máx.	
	NA ³⁵	Perijá	Páramo	0	30	-	147,5	-	Gutiérrez Díaz, J. S., Ordoñez Delgado, N., Bolívar Gamboa, A., Bunning, S., Guevara, M., Medina, E., Vargas, R. (2020). Estimation of organic carbon in paramo ecosystem soils in Colombia. Ecosistemas, 29(1), 1-10. https://doi.org/10.7818/ECOS.1855 .
		Altiplano					181,9		
		Boyacá					161,4		
		Cundinamarca					176,2		
		Frontino-Tatamá					175,6		
		Sonsón					158,4		
		Viejo Caldas-Tolima					153,0		
		Santander					158,7		
		Macizo					169,2		

³⁵ Se presentan los valores por distrito. Para la cuantificación del carbono orgánico en el suelo en páramo, el IGAC ha agrupado los complejos de páramos en 10 distritos. Información disponible en: Arias Monsalve, A. F., Agustín Chávez, A., Fernández, C. J., Querubín Gonzales, D. J., Arias Burgos, I., Gutiérrez, J. S., ... Camacho Hilarión, C. A. (2018). Identificación de la hoja de ruta y procedimientos para la estimación del contenido de carbono orgánico en suelos de páramos y humedales. Repositorio Institucional de Documentación Científica Humboldt, 7-17.

Localización			Cobertura	Profundidad (cm)		Carbono en el suelo (t C ha ⁻¹)			Fuente
País	Departamento	Municipio /Localidad		Mín.	Máx.	Mín.	Promedio	Máx.	
		Nariño-Putumayo					167,1		
Ecuador	Chimborazo	Reserva de Producción de Fauna Chimborazo	Páramo	0	60	-	213,9	-	Rosero, G. (2019). Evaluación de carbono orgánico del suelo en el ecosistema de páramo de la microcuenca del río chimborazo en base a las actividades antrópicas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
				-	-	37,4	93,5	164,6	
	Loja	Parque Nacional Podocarpus	Páramo	-	-	58,4	87,2	153,3	Aguirre, N., Luna, T. O., Eguiguren, P., & Mendoza, Z. A. (2015). Cambio Climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los Páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador.
				-	-	-	-	-	

ANEXO B. Estimación del factor de emisión Carbono Orgánico en Suelos (COS)³⁶

Toma de muestras

En cada punto de muestreo se realiza una cajuela o calicata con dimensiones de 50 cm de ancho x 50 cm de largo y 60 cm de profundidad. En cada una de ellas se toman seis (6) muestras (3 para cálculo de densidad aparente y 3 para cuantificación de carbono orgánico), a las siguientes profundidades: 0 - 15 cm, 15 - 30 cm y 30 - 50 cm (Figura 1). Es importante resaltar que el muestreo para densidad aparente inicia en el intervalo más superficial (0 - 15 cm), mientras que para carbono orgánico la primera muestra corresponde al intervalo más profundo (30 - 50 cm). En ambos casos las muestras deben ser tomadas en el punto medio de cada rango y tomadas en la “pared” que reciba la mayor cantidad de luz natural.

En zonas de pendiente, se debe muestrear la “pared” que se encuentra en contra de la inclinación del terreno (Figura 2).

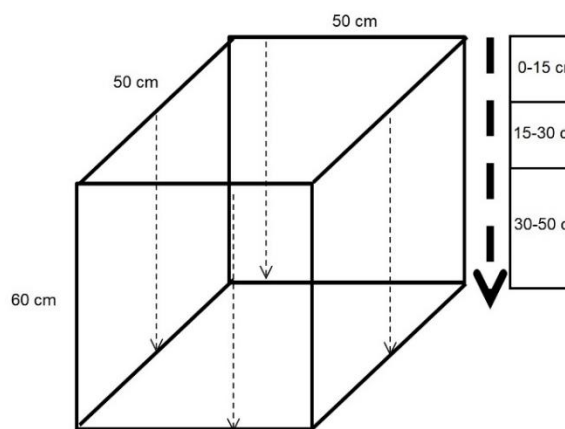


Figura 1. Profundidades de muestreo en calicata o cajuela

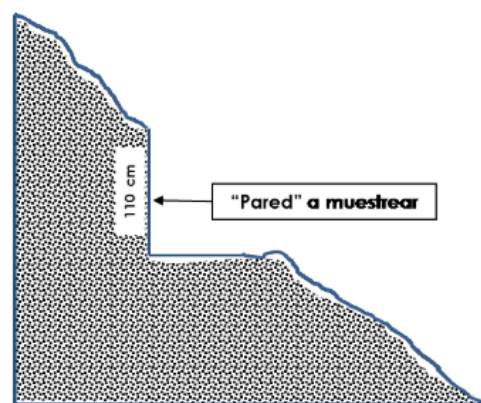


Figura 2. Ubicación de pared de muestreo en zonas de pendiente

Una vez abierta la cajuela elija la pared en la cual realizará el muestreo, demarque con el cuchillo pedológico y con ayuda de la cinta métrica, las profundidades a muestrear y

³⁶ Metodología de muestreo basada en: Arias Monsalve, A. F., Agustín Chávez, A., Fernández, C. J., Querubín Gonzales, D. J., Arias Burgos, I., Gutiérrez, J. S., ... Camacho Hilarión, C. A. (2018). Identificación de la hoja de ruta y procedimientos para la estimación del contenido de carbono orgánico en suelos de páramos y humedales. Repositorio Institucional de Documentación Científica Humboldt, 7-17.

divida verticalmente la cajuela en dos partes iguales, en una de ellas se toman las muestras para densidad aparente y en la otra las de cuantificación de carbono orgánico.

Densidad aparente

Es importante tomar primero las muestras para densidad aparente con el fin de disturbar lo menos posible el suelo. Tales muestras se extraen usando el barreno tipo Uhland para muestras inalteradas en las profundidades arriba especificadas. Se sugiere el siguiente procedimiento para garantizar la confiabilidad de las muestras:

1. Aliste las bolsas plásticas y diligencie las etiquetas de identificación para cada muestra.
2. Registre en la etiqueta las dimensiones del cilindro (altura y diámetro) con el cuál tomará la muestra.
3. Limpie con el palín la superficie de la cajuela.
4. Ponga dos cilindros en el extremo inferior de la Uhland.
5. Ubique la Uhland de manera perpendicular al suelo verificando que el borde afilado del cilindro inferior haga contacto con el suelo.
6. Golpee suavemente el extremo superior de la Uhland con el mazo de goma y profundice hasta la mitad de cada intervalo de muestreo especificado (aproximadamente 7,5 cm para el primero; 22,5 cm para el segundo y 40 cm para el tercero).
7. Es indispensable que el cilindro inferior se introduzca por completo en el suelo.
8. Extraiga lentamente la Uhland garantizando que la cantidad de suelo del cilindro inferior se mantenga inalterada.
9. Vierta cuidadosamente todo el suelo contenido en el cilindro inferior en una de las bolsas plásticas etiquetada.
10. Limpie exhaustivamente los cilindros para la siguiente muestra.
11. Para el muestreo de las restantes profundidades, repita el procedimiento desde el punto 4.

De acuerdo con el tamaño de los fragmentos de roca encontrados en la cajuela, clasifíquelos en los siguientes tipos: gravilla, cascajo, guijarro, laja, piedra y pedregón.

Tabla B.1. Tipos de fragmentos de roca en el suelo

Código	Tipo	Formas irregulares (diámetro en cm)	Formas planas (longitud en cm)
G	Gravilla	0.2 - 2	
C	Cascajo	2 - 8	
J	Guijarro	8 - 25	
L	Laja		0.2 - 38
P	Piedra	25 - 60	38 - 60
R	Pedregón	>60	> 60

La cuantificación de los fragmentos de roca presentes en el suelo se determina cualitativamente:

1. Haga un cuadro en la profundidad donde se encuentren los fragmentos.
2. Divida en cuatro partes iguales el cuadro que anteriormente había realizado (Figura 3).
3. Calcule el porcentaje de fragmentos de roca en cada uno de los cuadros con ayuda de la guía gráfica para cuantificación de fragmentos de roca en campo³⁷.
4. Promedie los resultados obtenidos para cada cuadro y registre el resultado.



Figura 3. Tipos de fragmentos de roca en el suelo

³⁷ Gee, G., Bauder, J. 1986. Particle-size Analysis, En: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1. Physycial and Mineralogical Methods, pp. 383- 411. SSSA Book Series. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy. Madison, Estados Unidos.

Carbono orgánico (%C)

Las muestras de suelo para la estimación del %C se toman en la mitad restante de la cajuela. Se sugiere el siguiente procedimiento para garantizar la confiabilidad de las muestras:

1. Aliste las bolsas plásticas y diligencie las etiquetas de identificación para cada muestra.
2. Limpie el cuchillo pedológico y el palín.
3. Introduzca el palín en el centro del intervalo de muestreo especificado, para el más profundo, aproximadamente 40 cm, para el intermedio 22,5 cm y para el menos profundo 7,5 cm. Inicie el muestreo del intervalo más profundo de la cajuela hacia la superficie, para evitar la contaminación de las muestras.
4. Tome aproximadamente 500 gr de suelo y colóquelos en una bolsa plástica etiquetada para su envío al laboratorio.
5. En suelos orgánicos o saturados de agua tome como mínimo 1000 gr.
6. Para el muestreo de las restantes profundidades, repita el procedimiento desde el punto 2.

Nota 1: Verifique el número de muestras, el diligenciamiento de las profundidades y de las dimensiones del cilindro para cada muestra, cada una de ellas se debe empacar en doble bolsa junto con la respectiva etiqueta de identificación.

Nota 2: Cuando exista alguna limitante de profundidad, haga el muestreo hasta la máxima profundidad permisible y registre el factor limitante y su profundidad.

Determinación del carbono orgánico del suelo (COS)

El contenido de carbono orgánico del suelo depende de cuatro variables: porcentaje de carbono orgánico (%C), densidad aparente (gr cm^{-3}), distribución de partículas por tamaño y la profundidad del suelo.

1. El %C puede ser determinado por combustión húmeda siguiendo el método de Walkley-Black³⁸.
2. La densidad aparente se siguiendo el método del cilindro de volumen conocido³⁹.

³⁸ Walkley, A., Black, I. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37, 29–37.

³⁹ Blake, G., Hartge, K. 1986. Bulk Density, En: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods, pp. 363–375. SSSA Book Series. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy. Madison, Estados Unidos.

3. La estimación del carbono orgánico en el suelo se realiza usando la siguiente ecuación:

$$COS = [CO] * DA * E * \left(1 - \frac{FG}{100}\right)$$

Donde:

COS = Carbono orgánico en el suelo; t C ha⁻¹

CO = Concentración de carbono orgánico de suelo

DA = Densidad aparente; gr cm⁻³

FG = Porcentaje ocupado por fragmentos de roca en los primeros 30 cm del perfil

E = Espesor de la capa a analizar (30 cm)

Historial del documento

Versión	Fecha	Tipo de documento	Naturaleza de la revisión
Versión inicial	25 de junio de 2020	Documento Metodológico Sector AFOLU Actividades que evitan el cambio de uso del suelo en ecosistemas de alta montaña	Documento sometido a consulta pública

Documento para consulta