

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[®]

VERSIÓN 1.1 | 3 de Marzo de 2021

© 2021 PROCLIMA®. Todos los derechos reservados. Prohibida su reproducción total o parcial sin autorización expresa de PROCLIMA.

PROCLIMA. 2021. 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. Versión 1.1. 3 de marzo de 2021. 58 p. Bogotá, Colombia. <http://www.proclima.net.co>

Tabla de contenido

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | Introducción | 6 |
| 1.1 | Objetivos | 7 |
| 2 | Versión y vigencia | 8 |
| 3 | Alcance | 8 |
| 4 | Condiciones de aplicabilidad | 8 |
| 5 | Referencias normativas | 9 |
| 6 | Términos y definiciones | 9 |
| 7 | Límites del proyecto | 16 |
| 7.1 | Límites espaciales..... | 16 |
| 7.1.1 | Área del proyecto..... | 16 |
| 7.1.2 | Región de referencia para la estimación de la línea base..... | 17 |
| 7.1.3 | Área de fugas..... | 18 |
| 7.2 | Depósitos de carbono y fuentes de GEI..... | 18 |
| 7.2.1 | Depósitos de carbono | 18 |
| 7.2.2 | Fuentes de GEI | 19 |
| 7.3 | Límites temporales y periodos de análisis..... | 20 |
| 7.3.1 | Periodo histórico de cambios en el uso del suelo..... | 20 |
| 7.3.2 | Estimación de las reducciones de emisiones del proyecto..... | 20 |
| 8 | Identificación del escenario de línea base y adicionalidad | 21 |
| 9 | Causas y agentes que generan cambios en el uso del suelo..... | 26 |
| 9.1 | Dimensiones espaciales y temporales..... | 27 |
| 9.2 | Contexto..... | 27 |
| 9.3 | Actores clave, intereses y motivaciones | 28 |
| 9.4 | Actividades económicas y su importancia | 28 |
| 9.5 | Impacto directo e indirecto..... | 28 |
| 9.6 | Relaciones y sinergias | 29 |
| 9.7 | Cadena de eventos de cambio de uso del suelo | 29 |
| 10 | Actividades del proyecto | 29 |
| 11 | Salvaguardas | 30 |
| 12 | Cuantificación de la reducción de emisiones de GEI | 38 |
| 12.1 | Estratificación..... | 38 |
| 12.2 | Datos de actividad..... | 39 |
| 12.2.1 | Estimación de los cambios en el uso del suelo..... | 39 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 12.2.2 | Cambios históricos anuales en el escenario sin proyecto..... | 40 |
| 12.2.3 | Proyección de los cambios anuales en el uso del suelo en el escenario con proyecto 40 | |
| 12.2.4 | Cambios históricos anuales en el uso del suelo en el área de fugas | 41 |
| 12.2.5 | Proyección de los cambios anuales en el uso del suelo en el área de fugas en el escenario con proyecto..... | 41 |
| 12.3 | Factores de emisión | 42 |
| 12.3.1 | Factor de emisión de carbono en la biomasa total..... | 42 |
| 12.3.2 | Factor de emisión de carbono en el suelo | 43 |
| 12.4 | Emisiones de GEI en el periodo de análisis..... | 44 |
| 12.5 | Reducción de emisiones de GEI esperadas con la implementación de las actividades del proyecto | 45 |
| 13 | Manejo de la incertidumbre..... | 46 |
| 14 | Plan de monitoreo | 47 |
| 14.1.1 | Monitoreo de los límites del proyecto | 47 |
| 14.1.2 | Monitoreo de la ejecución de las actividades del proyecto | 47 |
| 14.1.3 | Monitoreo de la permanencia del proyecto..... | 48 |
| 14.1.4 | Monitoreo de las emisiones del proyecto | 48 |
| | Datos de actividad | 49 |
| | Cambios en el uso del suelo (por año) en el área de proyecto | 49 |
| | Cambios anuales de uso del suelo en el área de fugas | 49 |
| | Emisiones de GEI en el periodo de análisis..... | 50 |
| | Reducción de emisiones del proyecto..... | 50 |
| 14.2 | Procedimientos de control de calidad y aseguramiento de la calidad..... | 51 |
| 14.2.1 | Revisión del procesamiento de la información | 51 |
| 14.2.2 | Registro y sistema de archivo de los datos | 51 |
| | ANEXO A. Estimación del factor de emisión Carbono Orgánico en Suelos (COS)..... | 53 |

Listado de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Depósitos de carbono | 19 |
| Tabla 2. Fuentes de emisión y GEI | 19 |
| Tabla 3. Salvaguardas Nacionales REDD+ | 31 |
| Tabla 4. Carbono orgánico del suelo (COS) para los diez distritos de páramos en Colombia..... | 44 |
| Tabla 5. Monitoreo de la ejecución de las actividades del proyecto | 48 |

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 |
| 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 |
| EAM | Ecosistemas de Alta Montaña |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura |
| GEI | Gases de Efecto Invernadero |
| IAvH | Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt |
| 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.

El presente documento metodológico se enfoca en las actividades que evitan el cambio de la cobertura vegetal natural en páramos, a otros usos del suelo. Las actividades que evitan la deforestación y degradación de los bosques, en ecosistemas de alta montaña

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.

(EAM), deben aplicar lo dispuesto en el documento metodológico sector AFOLU - Cuantificación de Emisiones o Remociones de GEI de Proyectos REDD+.

Las actividades de restauración ecológica, vinculadas con la disminución de los cambios de uso del suelo en EAM, deben seguir el documento metodológico Reducción de emisiones o remociones de GEI de proyectos sectoriales de mitigación - Actividades de remoción de GEI⁴.

Este documento provee a los titulares de proyectos sectoriales de mitigación, las buenas prácticas relacionadas con los procedimientos, modelos, parámetros y datos para cuantificar la reducción de emisiones o remociones de GEI, atribuibles a las actividades que evitan el cambio de uso del suelo en ecosistemas de páramo.

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.

⁴ Dando cumplimiento a las condiciones de aplicabilidad de dicha metodología, con exclusión de la relacionada con suelos orgánicos (Sección 5, (c)).

2 Versión y vigencia

Este documento constituye la Versión 1.1. Marzo 3 de 2021.

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

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 y/o módulos desarrollados por ProClima, en el ámbito de la misma iniciativa de mitigación de GEI, puede hacerlo, siempre y cuando se cumplan los requisitos contenidos en las metodologías y los módulos, aplicados en conjunto.

4 Condiciones de aplicabilidad

Esta Metodología es aplicable bajo las siguientes condiciones:

- (a) las actividades del proyecto evitan el cambio no planeado 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 y la actividad minera;
- (c) Las actividades de remoción de GEI, propuestas por el proyecto para evitar el cambio de uso del suelo no incluyen el drenaje;

- (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 proyecto⁵;
- (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

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

⁵ La condición está relacionada con la preparación del suelo para las actividades que proponga el titular de la iniciativa para evitar el cambio de uso del suelo. Dependiendo de las prácticas de manejo, se pueden presentar o no perturbaciones en el suelo. Por lo tanto, la perturbación del suelo generada por actividades de remoción de GEI no pueden ser mayor que el 10%.

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

Áreas que se encuentran en el complejo de páramos delimitados por el IAvH a escala 1:100.000⁶. A su vez, son elegibles las áreas que cumplen con la condición de presencia de 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 coberturas vegetales naturales, al inicio de las actividades del proyecto, y mínimo 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.

⁶ Consultar en el [Sistema de Información Ambiental de Colombia](#) la capa *Complejo de páramos a escala 1:100.000* generada por el IAvH.

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 montaña⁷

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.

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.

⁷ 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.

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.

Humedales

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.

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.

Páramo^{9,10}

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 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

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

⁹ Resolución No. 0769 del 05 de agosto de 2002 (MAVDT).

¹⁰ Consultar en el [Sistema de Información Ambiental de Colombia](#) la capa *Complejo de páramos a escala 1:100.000* generada por el IAvH.

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.

Proyecto REDD+

Es un tipo de proyecto de mitigación de GEI que implementa actividades REDD+, cubre un área geográfica de nivel subnacional específicamente delimitada y su titular es de carácter privado o público, este último en el marco de las funciones y competencias asignadas por la Ley. Estas iniciativas demuestran sus resultados de mitigación en el marco del cumplimiento de las metas indicadas en la Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de Bosques, así como de las metas nacionales de cambio climático establecidas bajo la CMNUCC.

REDD+

Es un mecanismo internacional de mitigación enmarcado en las decisiones de la CMNUCC, cuyo objetivo es reducir las emisiones y remover los GEI a través de la implementación de las actividades de reducción de emisiones por deforestación, degradación y otras actividades forestales.

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 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

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.

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

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).
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 se encuentran incluidas en el complejo de páramos delimitados por el IAvH y corresponden a la categoría de cobertura vegetal natural, 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.

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

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

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 debe incluir todas las áreas con cobertura vegetal natural que estén dentro del rango de movilidad de los agentes identificados en la sección 9 de este documento.¹⁵

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

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).

aérea, biomasa subterránea, necromasa, hojarasca y carbono orgánico del suelo. Los 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 debe realizarse mínimo para dos fechas de referencia: fecha de inicio del proyecto y diez años antes de la fecha de inicio.

La proyección de los cambios en el uso del suelo en el área del proyecto 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.

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

PASO o. 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.

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.

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).

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.

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.

Este complemento metodológico sugiere la aplicación de los lineamientos conceptuales para la caracterización de causas y agentes de la deforestación en Colombia propuestos

por IDEAM¹⁹ y el Programa ONU-REDD Colombia²⁰. El cambio de la vegetación natural de páramo a usos del suelo antrópicos sería el homólogo a la mención de deforestación.

A continuación se describen los elementos clave para desarrollar una caracterización de causas y agentes del cambio de uso del suelo²¹.

9.1 Dimensiones espaciales y temporales

El cambio de uso del suelo 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 región de referencia propuesto). 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 del suelo).

9.2 Contexto

Una caracterización adecuada de las causas y agentes de cambio de uso del suelo, 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 del suelo.

- 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.

¹⁹ González, J. Cubillos, A., Chadid, M., Arias, M., Zúñiga, E., Cubillos, M., Joubert, F. Pérez, I. Lineamientos conceptuales y metodológicos para la caracterización de causas y agentes de la deforestación en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Programa ONU-REDD Colombia. Bogotá, 2018.

²⁰ La presente metodología acepta el uso del Escenario de Caracterización Mínimo (ECM).

²¹ Los siguientes documentos pueden servir de base para la identificación de los agentes y motores de cambio de uso del suelo en los ecosistemas de alta montaña:

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Consorcio para el Desarrollo de la Ecorregión Andina. (2018). Propuesta de Estrategia para monitoreo integrado de los ecosistemas de alta montaña de Colombia. Bogotá: IDEAM-IAvH-Codesan. 54 pp.

Ungar, P. (ed.) (2015). Hojas de ruta. Guías para el estudio socioecológico de la alta montaña en Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Páramos habitados: desafíos para la gobernanza ambiental de la alta montaña en Colombia.

- 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.

9.3 Actores clave, intereses y motivaciones

El proceso de cambio de uso del suelo involucra a múltiples actores oficiales, organizaciones no gubernamentales y de la sociedad civil, entre otros. 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 del suelo 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 del suelo 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 del suelo. 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 del suelo.

9.7 Cadena de eventos de cambio de uso del suelo

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 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, tipo²², meta²³, unidad de medida y responsable de la medición.

11 Salvaguardas

La implementación de actividades que evitan el cambio de uso del suelo tienen la capacidad de generar beneficios a las comunidades y al ambiente, además de la reducción de emisiones de GEI. Sin embargo, es posible que existan algunos riesgos sociales y ambientales asociados a su implementación. En este sentido, se recomienda la implementación de las salvaguardas REDD+ identificadas por Colombia, las cuáles son medidas dirigidas a prevenir la afectación de derechos esenciales de carácter social, económico o ambiental, y la ocurrencia de impactos negativos por el diseño e implementación de actividades del proyecto. De igual manera comprende las medidas para mejorar la obtención y distribución de beneficios que sean generados por las actividades del proyecto.

En la interpretación nacional de las salvaguardas para REDD+, en Colombia se han definido 15 elementos. Están numerados con una letra que hace referencia a la salvaguarda de Cancún a la que corresponde y a un número que la identifica. Los elementos de salvaguarda de la interpretación nacional se pueden organizar en tres temáticas: institucionales, sociales, culturales, ambientales y territoriales.

El titular del proyecto debe demostrar el cumplimiento de las 15 salvaguardas REDD+ nacionales presentadas en la Tabla 3, incluyendo la definición de indicadores para su monitoreo, reporte y verificación²⁴.

²² Resultado, producto o impacto.

²³ Valor esperado y tiempo para su cumplimiento.

²⁴ Camacho A., Lara I., Guerrero R. D. 2017. "Interpretación Nacional de las Salvaguardas Sociales y Ambientales para REDD+ en Colombia" MADS, WWF Colombia, ONU REDD Colombia. Bogotá-Colombia.

Tabla 3. Salvaguardas Nacionales REDD+

| Temática | Salvaguarda Cancún | Salvaguarda Nacional | Descripción |
|-----------------|---|--|--|
| Institucionales | A. Acordes con los programas forestales nacionales y acuerdos internacionales | 1. Correspondencia con la legislación Nacional | <p>La iniciativa se desarrolla en el marco del Plan Nacional de Desarrollo Forestal, de los convenios y acuerdos internacionales suscritos por Colombia en materia de: Bosques, Biodiversidad y Cambio Climático, así como las políticas nacionales correspondientes a estos acuerdos.</p> <p>Todas las Políticas, Acciones y Medidas REDD+ que se propongan deben estar en correspondencia con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los acuerdos internacionales firmados por Colombia. • La legislación nacional (la Constitución, leyes y decretos). • Las políticas, programas y proyectos nacionales. |
| | B. Transparencia y eficacia de las estructuras de gobernanza forestal | 2. Transformación y acceso a la información | <p>Los interesados cuentan con información transparente, accesible y oportuna relacionada con acciones REDD+ en las plataformas o medios de información que se determinen.</p> <p>Si hay grupos étnicos involucrados, y que no hablan bien el castellano, se deberá garantizar que en los espacios de consulta e información se cuente con intérpretes de su lengua, así como material adecuado que facilite su comprensión.</p> <p>Ser claros informando sobre:</p> |

| Temática | Salvaguarda Cancún | Salvaguarda Nacional | Descripción |
|----------|--------------------|-------------------------|--|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> • Qué entidad está encargada de formular y de implementar la medida. • Cuáles son los beneficios que se van a entregar a las comunidades en el territorio. • Los compromisos que adquieren las partes involucradas en la implementación de las medidas. |
| | | 3. Rendición de cuentas | <p>Las instituciones y actores presentan informes de su gestión entorno a REDD+ ante los socios involucrados, las instituciones y el público en general e incluyen información sobre la aplicación y el respeto de las salvaguardas.</p> <p>Quienes estén a cargo de la implementación de actividades REDD+ deben convocar a espacios de rendición de cuentas donde se expongan los informes de su gestión: qué se ha hecho, cómo, cuánto se han gastado y cómo se han invertido los recursos, qué resultados hay.</p> <p>Se debe incluir la información sobre el estado de aplicación de las Salvaguardas para la disminución de riesgos y el fomento de los beneficios.</p> <p>Los actores involucrados, tienen el compromiso de asistir a estos espacios informativos. Los informes de rendición de cuentas deben ser</p> |

| Temática | Salvaguarda Cancún | Salvaguarda Nacional | Descripción |
|----------|--------------------|--|---|
| | | | públicos y accesibles a los diversos actores. |
| | | 4.Reconocimiento de las estructuras de gobernanza forestal | <p>Las acciones REDD+ se desarrollan conforme a las estructuras de gobernanza forestal existentes dispuestas por las normas y/o estableciendo las necesarias entre los actores involucrados en el proceso (el fortalecimiento o creación de nueva estructura puede ser un mecanismo de implementación la gobernanza).</p> <p>En algunos casos donde estén involucrados diversos actores, puede requerirse el establecimiento de nuevos arreglos o mecanismos de articulación para la toma de decisiones. Estos pueden ser mesas forestales, comités de seguimiento o habilitar espacios de dialogo en el marco de juntas de acción comunal.</p> |
| | | 5.Fortalecimiento de capacidades | <p>Se garantiza el fortalecimiento de las capacidades técnicas, jurídicas y de gobernabilidad administrativa de los actores involucrados directamente, con el fin de que las partes puedan tomar decisiones documentadas, analizadas e informadas.</p> <p>Es necesario contar con programas que aporten en el fortalecimiento de capacidades de los actores involucrados según se requiera en cada caso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidades técnicas: formación en temas REDD+, cambio climático, gobernanza forestal, |

| Temática | Salvaguarda Cancún | Salvaguarda Nacional | Descripción |
|-----------------------|--|--|--|
| | | | <p>manejo forestal sostenible, conservación, monitoreo, implementación de modelos productivos sostenibles, entre otros.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidades jurídicas: formación en legislación nacional y acuerdos internacionales relacionados con estos temas. • Capacidades administrativas: formación en herramientas para el seguimiento de proyectos, manejo de recursos y rendición de cuentas. |
| Sociales y culturales | C. Respeto por el conocimiento tradicional y derechos de las comunidades | 6.Consentimiento Libre, Previo e Informado | <p>Cuando una medida o acción afecte o pueda afectar directamente a uno o varios grupos étnicos, se deberá aplicar las disposiciones nacionales en materia de consulta y consentimiento previo, libre e informado establecidas en la legislación y jurisprudencia, así como por las orientaciones dadas por el Ministerio del Interior como entidad competente en esta materia con el acompañamiento de los organismos de control.</p> |
| | | 7.Respeto por el conocimiento tradicional | <p>Se reconocen, respetan y promueven, conforme a lo establecido en la legislación nacional y al cumplimiento de los convenios internacionales; los sistemas de conocimiento tradicionales y las visiones propias del territorio de los pueblos y comunidades étnicas y locales.</p> <p>Para el desarrollo de cualquier iniciativa de reducción de la</p> |

| Temática | Salvaguarda Cancún | Salvaguarda Nacional | Descripción |
|----------|-----------------------------------|------------------------------|--|
| | | | deforestación, se deben tener en cuenta las diferentes culturas que habitan en los territorios, respetando sus formas de entender y relacionarse con el entorno, con el fin de que no se vean afectados las tradiciones, usos y costumbres de las comunidades. |
| | | 8.Distribución de beneficios | Se garantiza la participación y distribución justa y equitativa de los beneficios que generen las políticas, medidas y acciones de reducción de la deforestación para los pueblos y comunidades étnicas y locales, y de todos aquellos beneficios que se deriven de los conocimientos, innovaciones y prácticas tradicionales para la conservación y uso sostenible de los bosques, su diversidad y los Servicios Ecosistémicos. |
| | | 9.Derechos territoriales | Se respetan los derechos territoriales colectivos e individuales de los pueblos y comunidades étnicas y locales; su uso y significado cultural, económico y espiritual. Para esto se debe conocer cuáles son las formas de tenencia de la tierra en las áreas en las que se espera implementar medidas y acciones REDD+ y tomar decisiones consecuentemente. |
| | D. Participación plena y efectiva | 10.Participación | Se respeta el derecho a la participación plena y efectiva de todos los actores involucrados para garantizar la gobernanza y |

| Temática | Salvaguarda Cancún | Salvaguarda Nacional | Descripción |
|-----------------------------|----------------------------------|---|--|
| | | | <p>adecuada toma de decisiones sobre REDD+.</p> <p>Se deben reconocer y respetar las estructuras propias de participación de cada grupo de interés, especialmente de las comunidades, según la legislación nacional y los convenios internacionales suscritos por Colombia.</p> |
| Ambientales y territoriales | E. Conservación y beneficios | 11. Conservación de bosques y su biodiversidad | <p>Las iniciativas REDD+ apoyan la conservación de los bosques y la implementación de medidas establecidas para tal fin.</p> <p>Las iniciativas REDD+ que se desarrollen en el país no deben ir en detrimento de la conservación de los bosques y la biodiversidad que estos albergan.</p> |
| | | 12. Provisión de bienes y servicios ambientales | <p>Las iniciativas REDD+ apoyan la provisión de Servicios ecosistémicos y el disfrute de los mismos.</p> <p>La implementación de iniciativas REDD+ no debe afectar directa o indirectamente los beneficios que brindan los ecosistemas, que se conocen como servicios ecosistémicos (de abastecimiento, apoyo, regulación y culturales) por ejemplo: el abastecimiento de agua, el suelo, la biodiversidad, entre otros.</p> |
| | F. Prevenir riesgos de reversión | 13. Ordenamiento Ambiental y territorial | Las iniciativas REDD+ apoyan la consolidación de instrumentos de ordenamiento territorial y ambiental previstos en la |

| Temática | Salvaguarda Cancún | Salvaguarda Nacional | Descripción |
|----------|---------------------------------------|--|--|
| | | | <p>legislación, bajo un enfoque de conservación y manejo sostenible del bosque.</p> <p>Es necesario que las iniciativas REDD+ que se realicen en el país reconozcan, respeten, se adapten o fortalezcan las medidas e instrumentos de ordenamiento territorial y ambiental que estén definidos por la legislación nacional. De igual manera es ideal fomentar la participación ciudadana en la formulación y ajuste de dichos instrumentos, de acuerdo con los usos del suelo.</p> <p>Se deben reconocer también las formas propias de ordenamiento territorial de los grupos étnicos y las comunidades locales de manera que se pueda apoyar su permanencia en el tiempo.</p> |
| | | 14. Planificación sectorial | <p>Las acciones REDD+ de tipo sectorial se proponen a partir de los instrumentos de ordenamiento ambiental y territorial, así como de la legislación relacionada con la conservación de los bosques y su biodiversidad.</p> <p>Cuando un sector defina e implemente acciones REDD+, estas deben estar articuladas con la legislación nacional que protege los bosques, su conservación y la diversidad que estos albergan.</p> |
| | G. Evitar desplazamiento de emisiones | 15. Control y vigilancia forestal para evitar el | Las iniciativas REDD+ incorporan medidas para reducir el desplazamiento de las emisiones en |

| Temática | Salvaguarda Cancún | Salvaguarda Nacional | Descripción |
|----------|--------------------|-----------------------------|---|
| | | desplazamiento de emisiones | <p>su diseño y se garantiza el monitoreo y control oportuno cuando se dé el desplazamiento de emisiones.</p> <p>El monitoreo comunitario, articulado con sistemas de alerta temprana de la deforestación, y la activación de protocolos que permitan generar respuestas oportunas, puede ser determinante para asegurar que las problemáticas asociadas con la pérdida y la degradación de bosque no se expandan a otros lugares.</p> |

Fuente: Camacho et al. (2017)²⁵

12 Cuantificación de la reducción de emisiones de GEI

12.1 Estratificación

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 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.

²⁵ Camacho A., Lara I., Guerrero R. D. 2017. "Interpretación Nacional de las Salvaguardas Sociales y Ambientales para REDD+ en Colombia" MADS, WWF Colombia, ONU REDD Colombia. Bogotá-Colombia.

La presente metodología permite el uso de un solo estrato (ver sección 12.3). La inclusión de otros estratos requiere la estimación de contenidos de carbono a partir de datos de inventarios de vegetación del área del proyecto²⁶.

12.2 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 del suelo. La estimación de la CSCN dependerá de la región de referencia identificada según lo dispuesto en la sección 7.1.2.

12.2.1 Estimación de los cambios en el uso del suelo

El titular del proyecto debe llevar a cabo el análisis de cambio de la cobertura vegetal natural a otra cobertura²⁷ entre al menos dos fechas (fecha de inicio y diez años antes de la 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 del suelo antrópico en la segunda²⁸, 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.

²⁶ El titular de la iniciativa debe presentar la aproximación metodológica para la estimación de carbono en los diferentes estratos e incluir la evaluación de la incertidumbre. Ver [Torres, A. M., Peña, E. J., Zúñiga, O., & Peña, J. A. \(2012\)](#) para mayor información de cuantificación de biomasa aérea y subterránea en páramos y [GOFC-GOLD REDD Sourcebook](#) para garantizar las buenas prácticas en las estimaciones de carbono.

²⁷ El titular de la iniciativa debe presentar la metodología utilizada en la delimitación de las coberturas naturales y los cambios a otros usos del suelo. Se sugiere tomar de base los siguientes documentos: [IDEAM, J. Rodríguez, V. Peña, Análisis de Dinámicas de Cambio de las Coberturas de la Tierra en Colombia, Escala 1:100.000 Periodos 2000-2002 y 2005-2009, 148 pag.](#) [Lineamientos metodológicos para monitoreo de coberturas de la tierra.](#) [Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Consorcio para el Desarrollo de la Ecorregión Andina. \(2018\). Propuesta de Estrategia para monitoreo integrado de los ecosistemas de alta montaña de Colombia. Bogotá: IDEAM-IAvH-Codesan, 54 pp.](#)

²⁸ Ejemplo: remoción de cobertura dominada por frailejones para el establecimiento de un cultivo.

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.

12.2.2 Cambios históricos anuales en la región de referencia

La estimación del cambio histórico anual en el escenario sin proyecto se estima mediante la aplicación de la ecuación³⁰:

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

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 del área de referencia, en t_1 ; ha

A_2 = Superficie en cobertura vegetal natural del área de referencia, en t_2 ; ha

A_p = Área elegible; ha

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

12.2.3 Proyección de los cambios anuales en el uso del suelo 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:

$CSCN_{proy}$ ³¹ = 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

³⁰ Puyravaud, Jean-Philippe. "Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation." Forest ecology and management 177.1-3 (2003): 593-596.

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

12.2.4 Cambios históricos anuales en el uso del suelo 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 en la superficie con cobertura vegetal natural del área de referencia; ha

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

A_f = Área de fugas; ha

12.2.5 Proyección de los cambios anuales en el uso del suelo 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.

12.3 Factores de emisión

La metodología presenta los valores de los depósitos de biomasa aérea, subterránea y carbono en el suelo. 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.

Se presentan los factores de emisión siguiendo los lineamientos y supuestos utilizados en el NREF nacional:

- Se incluye la biomasa subterránea de manera diferencial al contenido de carbono orgánico en el suelo³².
- 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 deforestación.
- Se asume una emisión bruta en la que el contenido de carbono del suelo (COS) a 30 cm³³ se emite en proporciones iguales durante 20 años una vez sucede el evento de deforestación.

12.3.1 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:

$$FCB_{eq} = BT \times FC \times \frac{44}{12}$$

Donde:

$$FCB_{eq} = \text{Dióxido de carbono equivalente contenido en la biomasa total; tCO}_2\text{e ha}^{-1}$$

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

³² El factor de emisión de biomasa subterránea citado en esta metodología corresponde a raíces con más de 5 mm de diámetro. El factor de emisión de COS presentado en la metodología proviene de datos de IGAC y se asume que la cuantificación del %CO incluye un tamizaje de las muestras del suelo (<2 mm).

³³ El titular de la iniciativa puede incluir la estimación de COS a una profundidad mayor a 30 cm usando los lineamientos presentados en el Anexo B. 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 12.3.2.

La metodología acepta el uso de un solo estrato para la vegetación de páramo con un valor de biomasa total de 26 tC ha⁻¹.³⁴ El titular de la iniciativa podrá utilizar un valor diferente proporcionando información transparente y verificable (ver sección 12.1).

$FC =$ 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).

12.3.2 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, (b) estimaciones propias del proyecto³⁵. Éstas se describen a continuación.

(a) usando valores por defecto

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).

³⁴Torres, A. M., Peña, E. J., Zúñiga, O., & Peña, J. A. (2012). Evaluación del impacto de actividades antrópicas en el almacenamiento de carbono en biomasa vegetal en ecosistemas de alta montaña de Colombia. Boletín Científico Museo de Historia Natural, 16(1), 132-142.

³⁵ El IGAC cuenta con la descripción de las unidades cartográficas de suelos, bajo los términos de la guía G40100-02.

De este modo, con base en información de IGAC (2020)³⁶, la *Tabla 4* presenta los valores del carbono orgánico del suelo para diez complejos de páramo en Colombia.

Tabla 4. Carbono orgánico del suelo (COS) para los diez distritos de páramos en Colombia

| Distrito | COS (tC ha ⁻¹) | COS _{20años} (tC ha ⁻¹) | COSeq (tCO ₂ e ha ⁻¹) |
|---------------------|----------------------------|--|--|
| Perijá | 147,48 | 7,37 | 27,04 |
| Altiplano | 181,91 | 9,10 | 33,35 |
| Boyacá | 161,40 | 8,07 | 29,59 |
| Cundinamarca | 176,21 | 8,81 | 32,31 |
| Frontino-Tatamá | 175,58 | 8,78 | 32,19 |
| Sonsón | 158,42 | 7,92 | 29,04 |
| Viejo Caldas-Tolima | 152,96 | 7,65 | 28,04 |
| Santander | 158,65 | 7,93 | 29,09 |
| Macizo | 169,18 | 8,46 | 31,02 |
| Nariño-Putumayo | 167,14 | 8,36 | 30,64 |

(b) estimaciones propias del proyecto

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 suelo³⁷ 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 A.

12.4 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:

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

Donde:

EA_{lb} = Emisión anual en el escenario sin proyecto; tCO₂ ha⁻¹ año⁻¹

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

³⁶Datos tomados de: 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>. Si el área del proyecto se encuentra por fuera de los diez distritos, el titular de la iniciativa debe estimar el contenido de carbono a partir de los perfiles de suelo disponibles en el Sistema de Información de Suelos de Latinoamérica y el Caribe (URL: <http://54.229.242.119/sislac/es>).

³⁷ El IGAC cuenta con la descripción de las unidades cartográficas de suelos, bajo los términos de la guía G40100-02.

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

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

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

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

Donde:

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

$CSCNE_{proy}$ = Cambios en el uso del suelo 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 del suelo 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 del suelo 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

12.5 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:

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

Donde:

RE_{proy} = 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; año

t_1 = Año de inicio del periodo de referencia; año

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

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

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

13 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 descuentos³⁸ 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%³⁹.

³⁸ Los descuentos son distintos y adicionales al 15% de reserva dispuesto en la sección 11.8 del Programa PROCLIMA.

³⁹ El titular del proyecto podrá usar datos de estudios científicos que tengan una incertidumbre de los datos menor al 20%.

14 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.

14.1.1 Monitoreo de los límites del proyecto

Los límites geográficos del proyecto, constituidos por las áreas elegibles⁴⁰ 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 el área del proyecto debe llevarse a cabo mediante los procedimientos descritos en la sección 12.2.

14.1.2 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.

⁴⁰ 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 Programa PROCLIMA.

Tabla 5. Monitoreo de la ejecución de las actividades del proyecto

| | |
|--|--|
| ID actividad | |
| ID Indicador | |
| Nombre indicador | |
| Tipo ⁴¹ | |
| Meta ⁴² | |
| 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 | |

14.1.3 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 reporte⁴³. 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.

14.1.4 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

⁴¹ Resultado, producto o impacto.

⁴² Valor esperado y tiempo para su cumplimiento.

⁴³ 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.

monitoreadas. Los parámetros para la estimación de los datos de actividad se determinan siguiendo los lineamientos de la sección 12.2.

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 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 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:

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

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 del suelo 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 del suelo 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 del suelo 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 del suelo en ecosistemas de alta montaña, 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 del suelo 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 del suelo en el escenario de línea base; tCO₂e

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

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

14.2 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 IPCC⁴⁴. 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.

14.2.1 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.

14.2.2 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

⁴⁴ IPCC GPG LULUCF (2005). <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf/spanish/full.pdf>

contenido de carbono (ecuaciones y cálculos), información geográfica (GIS)⁴⁵ 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.

⁴⁵ 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. Estimación del factor de emisión Carbono Orgánico en Suelos (COS)⁴⁶

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).

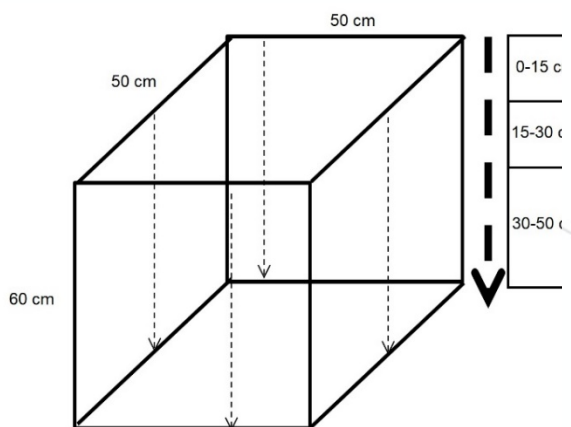


Figura 1. Profundidades de muestreo en calicata o cajuela

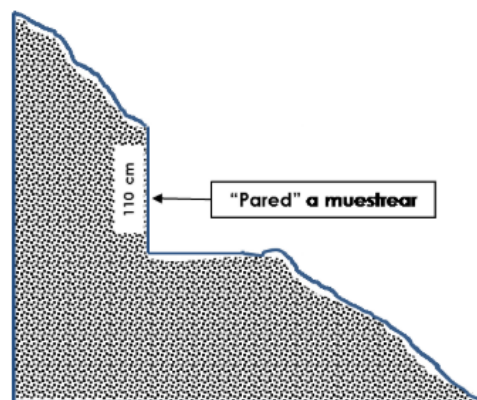


Figura 2. Ubicación de pared de muestreo en zonas de pendiente

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

⁴⁶ 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 campo⁴⁷.
4. Promedie los resultados obtenidos para cada cuadro y registre el resultado.



Figura 3. Tipos de fragmentos de roca en el suelo

⁴⁷ 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-Black⁴⁸.
2. La densidad aparente se siguiendo el método del cilindro de volumen conocido⁴⁹.

⁴⁸ 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.

⁴⁹ Blake, G., Hartge, K. 1986. Bulk Density, En: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1. Physycial 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 para consulta pública | 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 |
| Versión 1.0 | 13 de agosto de 2020 | Documento Metodológico Sector AFOLU Actividades que evitan el cambio de uso del suelo en ecosistemas de alta montaña | Documento ajustado después de consulta pública |
| Versión 1.1 | 3 de marzo de 2021 | Documento Metodológico Sector AFOLU Actividades que evitan el cambio de uso del suelo en ecosistemas de alta montaña | Versión ajustada Cambios editoriales Notación en algunas ecuaciones |