

METODOLOGÍA COLCX PARA PROYECTOS REDD+ MODULO PARA ACTIVIDADES DE AUMENTO DE RESERVAS DE CARBONO (ARC)

Versión 1.0 10-Ago-2023



APOYA



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

METODOLOGÍA COLCX PARA PROYECTOS REDD+

MODULO PARA ACTIVIDADES DE AUMENTO DE RESERVAS DE CARBONO (ARC)

Versión 1.0

© Canal Clima – ColCX

Documento. Versión 1.0

No es permitida la reproducción parcial o total de este documento o su uso en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo escaneo, fotocopiado y microfilmación, sin el permiso de Canal Clima - ColCX. Derechos reservados.



Versión 1.0

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 1. OBJETIVOS | 6 |
| 2. ALCANCE DE LA METODOLOGIA | 6 |
| 3. ACTIVIDADES APLICABLES..... | 10 |
| 4. CONDICIONES DE APLICABILIDAD..... | 11 |
| 5. ELEGIBILIDAD DEL ÁREA DE ÁREAS ARC | 12 |
| 6. LÍMITES TEMPORALES Y ESPACIALES | 12 |
| 8. FUENTES DE EMISIÓN | 17 |
| 9. Línea base | 19 |
| 10. ADICIONALIDAD | 25 |
| 10.1 Alcance | 25 |
| 10.2 Aplicabilidad..... | 25 |
| 10.3 Paso 1: Identificación del escenario de trayectoria sucesional sin PMGEI | 26 |
| 10.4 Paso 2. Análisis de barreras | 27 |
| 11. ESCENARIO DE LÍNEA BASE..... | 32 |
| 12. ESCENARIO DE FORMULACIÓN | 32 |
| 13. ESCENARIO DE IMPLEMENTACIÓN | 34 |
| 13.1 Estimación del cambio en las existencias de carbono en los árboles entre dos momentos | 34 |
| 13.1.1 Diferencia de dos estimaciones de existencias independientes..... | 34 |
| 13.1.2 Estimación directa del cambio al volver a medir las parcelas de muestra..... | 35 |
| 13.1.3 Estimación por cobertura de copa proporcional | 36 |
| 13.1.4 Demostración de “no-disminución” | 38 |

13.2 Estimación del cambio en las existencias de carbono en los árboles en un año39

13.3 Estimación de las existencias de carbono en los árboles en un momento dado.....39

 13.3.1 Estimación por medición de parcelas de muestra40

13.4 Estimación mediante modelización del crecimiento de los árboles y el desarrollo de los rodales43

 13.4.1 Estimación por cobertura de copa proporcional.....44

 13.4.2 Actualización del stock anterior por estimación directa del cambio45

14. PLAN DE MONITOREO46

 14.1.1 Identificación de las características ecológicas según los atributos ecosistémicos.....46

 14.1.2 Identificación de indicadores biofísicos para la evaluación de los servicios ecosistémicos47

15. SALVAGUARDAS REDD+50

16. INCERTIDUMBRE50

17. RIESGOS DE NO PERMANENCIA50

18. ODS.....50

19. REFERENCIAS 1

Tabla de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Reservorios aplicables a actividades ARC..... | 16 |
| Tabla 2 Fuentes de emisión..... | 18 |
| Tabla 3. Clasificación de los servicios ecosistémicos según los atributos de los ecosistemas para esta metodología..... | 46 |
| Tabla 4. Clasificación de los servicios ecosistémicos según los atributos de los ecosistemas para esta metodología..... | 47 |
| Tabla 5. Clasificación de los servicios ecosistémicos según los atributos de los ecosistemas para esta metodología..... | 48 |
| Tabla 6 Resumen de las variables aplicables al proyecto..... | 51 |

Lista de Ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1 Límites temporales de un PMGEI..... | 10 |
| Ilustración 2 Límites temporales de un PMGEI..... | 14 |
| Ilustración 3 Definición de factores limitantes y tensionantes | 21 |

1. OBJETIVOS

Proporcionar principios, requisitos y orientaciones para el desarrollo e implementación de proyectos REDD+, con énfasis en las actividades de Aumento de Reservas de Carbono ARC, con el fin de garantizar la adecuada cuantificación, seguimiento e informe de actividades destinadas a la remoción de Gases Efecto Invernadero (GEI), por parte procesos de restauración forestal de bosques degradados. Las consideraciones generales de este módulo se ciñen a los principios de la metodología REDD+ y el estándar ColCX.

Adicional a los elementos brindados por la metodología REDD+ este módulo tiene en cuenta los siguientes elementos:

- Mecanismo para evaluar y soportar la adicionalidad de un proyecto ARC.
- Criterios para determinar el escenario de la línea base teniendo en cuenta principios de restauración ecológica.
- Requisitos para adicionales el monitoreo, seguimiento y control de actividades de restauración.

2. ALCANCE DE LA METODOLOGIA

Este módulo puede ser aplicado por cualquier tipo de entidad, persona o institución que desee o pretenda establecer un proyecto que ayude a mitigar los efectos del cambio climático mediante el establecimiento de proyectos, cuyas principales actividades sean las REDD+ en adelante denominados PMGEI. Esta actividad REDD+ consiste en la remoción de GEI con base en la conservación, preservación y uso sostenible de los bosques naturales. Con el fin de soportar el aumento de reservas de carbono se deben tener en cuenta los siguientes conceptos asociados a la restauración ecológica:

2.1 Integridad ecológica

Es un concepto que va de la mano con los umbrales de definición de bosque para cada país; este normalmente se construye en función de los atributos de los ecosistemas. Los atributos ecosistémicos son la función, la estructura y la

composición. La composición se traduce en los elementos que componen un ecosistema como lo son las especies de flora, fauna, hongos, microbiota, entre otros; por su parte, la estructura corresponde a el arreglo espacial que presentan estas especies dentro del ecosistema, como lo son la presencia de especies dominantes, estratos arbóreos y la diversidad; por último, la función, que es el producto de la interacción de los elementos del ecosistema y que dependen de su estructura, estos pueden ser percibidos principalmente como servicios ecosistémicos de soporte o de regulación. Los atributos ecosistémicos pueden ser evaluados a partir de diferentes escalas ¹:

- La escala genética tiene que ver con una escala menor a un individuo y trata de todas aquellas técnicas de identificación de biomoléculas como el ADN o la clorofila la cual es fundamental para el sostenimiento de los ecosistemas forestales.
- La escala poblacional, trata de estudios a nivel de individuos de la misma especie y se ajusta a una escala espacial mayor a una hectárea. Sin embargo, esta depende de la especie, su dinámica poblacional y su distribución.
- La escala de comunidad trata de la interacción entre diferentes poblaciones, las cuales en un ecosistema están organizadas y permiten el funcionamiento de los ecosistemas. Para el estudio de esta escala se recomienda el uso de técnicas de redes de interacción.
- La escala de paisaje, la cual trata de áreas de estudio superiores a 100 hectáreas, tiene en cuenta conceptos como parche (bosques remanentes), matriz (cobertura adversa a los parches) y corredores (son conexiones entre parches que permiten el flujo genético).

Debido a que los ecosistemas boscosos sufren de dinámicas de pérdida de su cobertura e integridad, es necesario establecer estrategias de restauración que faciliten que estos puedan volver a tener una función similar a la previa al daño. Es de resaltar que la presente metodología se basa en el servicio ecosistémico de los ecosistemas forestales como sumidero de carbono.

¹ Noss, R. F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation biology*, 4(4), 355-364.

2.2 Restauración ecológica

Consiste en el proceso de asistir a un ecosistema que ha sido degradado por diversos factores para que este pueda recuperar su funcionalidad, elementos similares a un escenario pre-disturbio o que este pueda llegar a proveer servicios ecosistémicos para generar bienestar a la sociedad². El Plan Nacional de Restauración define dos tipos de restauración ecológica:

- a. Restauración activa o asistida. Implica la introducción y mantenimiento de especies y coberturas vegetales, razón por la cual, necesita de la aplicación de prácticas silviculturales para el manejo de las trayectorias sucesionales³. Vistas desde la restauración ecológica estas prácticas pueden ser la introducción de especies, la reintroducción de especies, las translocaciones y los corredores biológicos⁴.
- b. Restauración pasiva o espontánea. Es la regeneración de un ecosistema por sí mismo cuando se suprimen los factores generadores de la degradación⁵.

Por otra parte, este documento también define los tipos de restauración ecológica:

- 1) Restauración:** Tiene como finalidad encaminar el territorio degradado al restablecimiento de sus atributos en el escenario pre-disturbio, iniciando o acelerando los procesos necesarios para que el territorio adquiera la composición, estructura y función con los que originalmente contaban en un estado prístino.
- 2) Rehabilitación:** Se encamina en ayudar al ecosistema a reestablecer de manera parcial sus atributos de funcionalidad y estructura, con base en el uso de elementos de la composición inicial con el fin de hacer que este

² SER, N. Society for ecological restoration international science & policy working group. 2004.

³ SALAMANCA, B.; CAMARGO, G. Protocolo distrital de restauración ecológica. *Convenio DAMA-Fundación Bachaqueros, Bogotá*, 2000, vol. 402.

⁴ SIMBERLOFF, Daniel y col. Corredores de movimiento: ¿gargas de conservación o malas inversiones? *Biología de la conservación*, 1992, vol. 6, no 4, pág. 493-504.

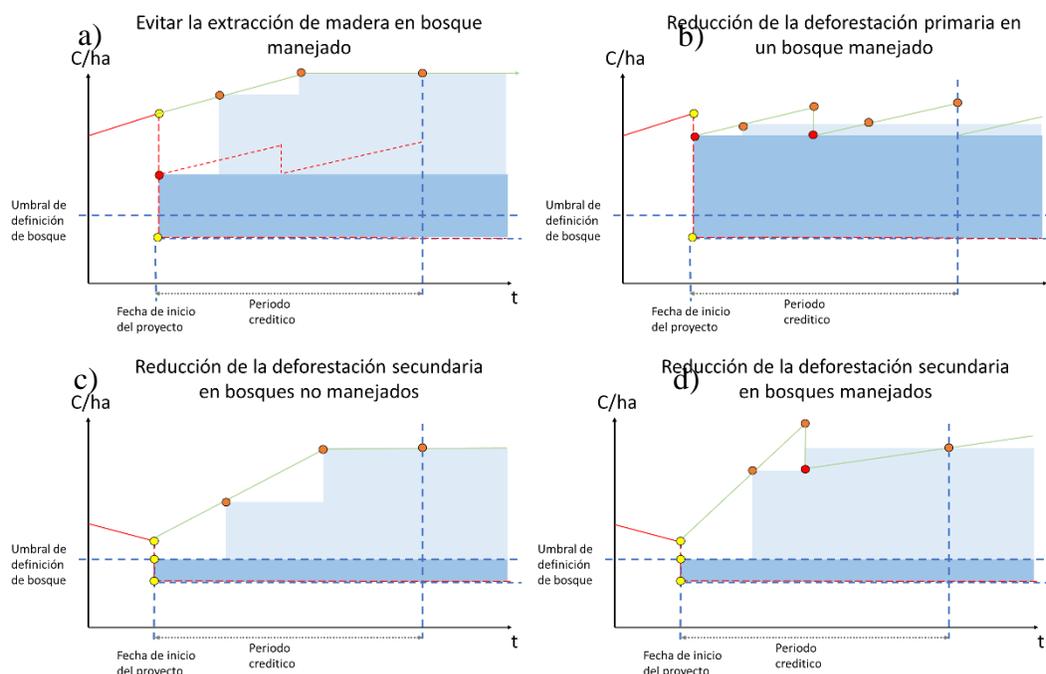
⁵ PEÑA-GONZÁLEZ, Natalia. Programa de monitoreo de restauración para áreas con aislamiento perimetral. 2017.

sea productivo nuevamente, aunque este ecosistema no será en composición, estructura y función igual al escenario prístino.

3) Recuperación: El objetivo es encaminar al ecosistema a recuperar su productividad y prestación de servicios ambientales, aunque no necesariamente llegando a obtener la composición, estructura y función del escenario sin degradación o destrucción, dicha recuperación se realiza en ecosistemas altamente degradados y no se tiene como objetivo llegar al estado prístino del ecosistema original.

Los proyectos que implementen esta metodología deben cumplir con cada uno de los requisitos legales establecidos dentro del país y tener en cuenta los pilares de las actividades REDD+ descritos por la CMNUCC⁶.

A continuación, se muestran los casos donde esta metodología es aplicable:



⁶ UNFCCC (2023). Plataforma web de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático REDD+. En: <https://redd.unfccc.int/>

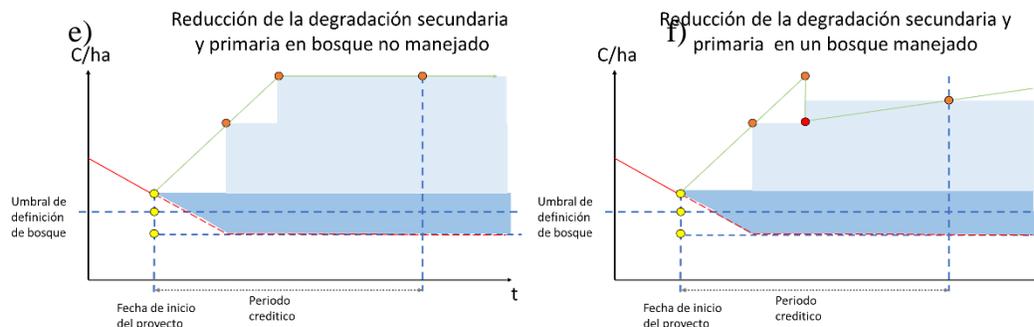


Ilustración 1 Límites temporales de un PMGEI, los puntos amarillos muestran medidas necesarias en el escenario sin proyecto, en rojo las obligatorias en el escenario con proyecto, en naranja mediciones obligatorias cuando se cuantifica aumento de reservas de carbono. En verde la línea que muestra las proyecciones de stock de carbono. La línea roja muestra el stock histórico de carbono y la línea roja punteada muestra las proyecciones de línea base. El cuadro azul oscuro muestra los bonos de carbono que se pueden obtener por actividades REDD y el azul claro por actividades ARC⁷.

3. ACTIVIDADES APLICABLES

Esta metodología contempla el Aumento de Reservas de Carbono (ARC) únicamente aplica a actividades de restauración y rehabilitación en bosque permanente, es decir que únicamente se pueden utilizar especies del ecosistema de referencia y siempre se debe guardar el objetivo de restaurar los reservorios de carbono a un estado previo.

Esta metodología permite el uso de técnicas de restauración ecológica activa y pasiva, siempre y cuando estas actividades sean adicionales y su implementación este adecuadamente soportada desde la fecha de inicio del proyecto.

La escala ecológica a la que se va a trabajar va a depender del tamaño del proyecto, sin embargo, únicamente es aplicable a la escala poblacional, de comunidad y a nivel de paisaje.

⁷ Pedroni, L. VCS Methodology VM0015 V 1.1, v.1.1 Methodology for Avoided Unplanned Deforestation; Carbon Decisions International: Washington, DC, USA; p. 184. Rescatado el 12/27/2021 de: [https://verra.org/wp-content/uploads/2018/03/VM0015 V 1.1-Methodology-for-Avoided-Unplanned-Deforestation-v1.1.pdf](https://verra.org/wp-content/uploads/2018/03/VM0015_V_1.1-Methodology-for-Avoided-Unplanned-Deforestation-v1.1.pdf)

4. CONDICIONES DE APLICABILIDAD

Esta metodología es aplicable bajo las siguientes condiciones:

- Se presentan áreas de bosque permanente degradados en el año de inicio (bosque que permanece en esta categoría durante diez (10) años previos a la fecha de inicio del proyecto), de acuerdo con la definición oficial de bosque de cada país.
- Se debe comprobar mediante la documentación correspondiente, que el titular o los titulares del predio o los predios son propietarios legales de la extensión de terreno total donde se efectuará el PMGEI o poseen el derecho del uso de la tierra y que estos predios no presentan disputas legales o de otro tipo.
- Se deben identificar claramente los agentes tensionantes, limitantes y como estos están influenciados por los motores agentes y causas subyacentes de la deforestación y la degradación forestal.
- Solo aplica a bosques degradados cuyos agentes tensionantes, limitantes y potenciadores no permitan que su sucesión ecológica se presente sin las actividades de proyecto.
- Si se incluyen áreas de manejo con autorización de aprovechamiento forestal, únicamente aplican actividades de reducción de degradación forestal no planeada.

Esta metodología no es aplicable bajo las siguientes condiciones:

- Proyectos que únicamente incluyen actividades de remoción de GEI por restauración ecológica o revegetación.
- Coberturas boscosas dominadas por ecosistemas naturales inundables periódicamente, como, por ejemplo; humedales, paramos, mangales, entre otros, que presentan suelos con alto contenido de materia orgánica.

5. ELEGIBILIDAD DEL ÁREA DE ÁREAS ARC

Para la elegibilidad del área de un PMGEI, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Las áreas donde se realicen las actividades deben demostrar titularidad por parte de los proponentes del predio, territorio colectivo o los predios, esto se garantiza mediante documentación legal que dé cuenta que los titulares son propietarios legales de la extensión de terreno total donde se efectuará el PMGEI o poseen el derecho del uso de la tierra durante el tiempo de duración del proyecto; también se debe demostrar que estos predios no presentan disputas legales o de otro tipo.
- Previo a la fecha de inicio de las actividades ARC, se debe tener claramente estratificado el bosque permanente en función de la historia del disturbio, con parcelas permanentes definidas que permitan identificar cambios en los reservorios de carbono.
- Las actividades ARC únicamente pueden implementarse en áreas de bosque permanente.

6. LÍMITES TEMPORALES Y ESPACIALES

Los límites temporales y espaciales de PMGEI, permiten establecer el área y la temporalidad en las cuales se podrán obtener beneficios económicos por COLCERS por la remoción y/o reducción de GEI.

6.1 Límites Temporales

Los límites temporales del proyecto deben estar definidos en el Documento de Diseño del Proyecto (DDP) y en este se deben considerar los siguientes aspectos:

6.1.1 Fecha de inicio del proyecto

Para el caso de las actividades ARC es la fecha en la cual se implementa la primera acción del PMGEI orientada a la restauración ecológica del bosque permanente. Esta fecha se establece a partir de una acción concreta, soportable y trazable que genere un aumento en los stocks de carbono de los reservorios. La fecha de inicio del proyecto puede ser de máximo 5 años previos a la fecha de sometimiento de validación ante la OVV.

6.1.2 Período histórico de análisis pre-disturbio

Este es un periodo mínimo de 10 años previo a la fecha de inicio del PMGEI en el cual se deben identificar de manera detallada los agentes de deforestación y/o degradación forestal y como interactúan estos junto con los agentes tensionantes y limitantes. Este es el periodo de tiempo donde se analiza la dinámica del disturbio para generar las estrategias de restauración ecológica.

6.1.3 Periodo de retroactivo

Es periodo de máximo 5 años previos a la fecha de inicio del PMGEI, en donde si el proponente logra demostrar año a año el mantenimiento o la implementación de actividades REDD+, de manera suficiente e integra podrá obtener créditos de carbono previo a la fecha de validación, si y solo si el proyecto logra su certificación teniendo en cuenta la fecha de sometimiento de validación ante la OVV.

6.1.4 Período de proyección

Corresponde al periodo en el cual se hacen proyecciones las proyecciones con base en indicadores como el IMA. Esto se hace mediante estimaciones de la ganancia de stock de carbono estimados de los bosques degradados.

6.1.1 Periodo crediticio

Es el periodo en el cual el escenario de línea base no se ha revalidado por tanto corresponde a un periodo no mayor a 10 años e incluye los tiempos de verificación en los que se realizan monitoreos de las remociones de GEI por parte del bosque natural degradado. El periodo crediticio se puede revalidar tantas veces como el periodo vitalicio lo permita.

6.1.2 Periodo vitalicio

Corresponde al tiempo en el que el proponente del PMGEI se compromete mediante acuerdo legal, a realizar las actividades formuladas en el DDP y se obtienen los resultados esperados. Este periodo debe ser igual o superior a 30 años.

6.1.3 Periodo de verificación

Periodo temporal en años, definidos en el periodo crediticio, en el cual se evalúan acciones e inventarios de GEI debidos a la reducción de emisiones o remociones de GEI, este periodo es no mayor a 60 meses. La información objeto de verificación debe provenir de fuentes oficiales, información primaria del proyecto que demuestre integridad y consistencia o de fuentes reconocidas que de manera objetiva puedan proveer certeza de la realización de las actividades REDD+ de las actividades formuladas en el DDP.

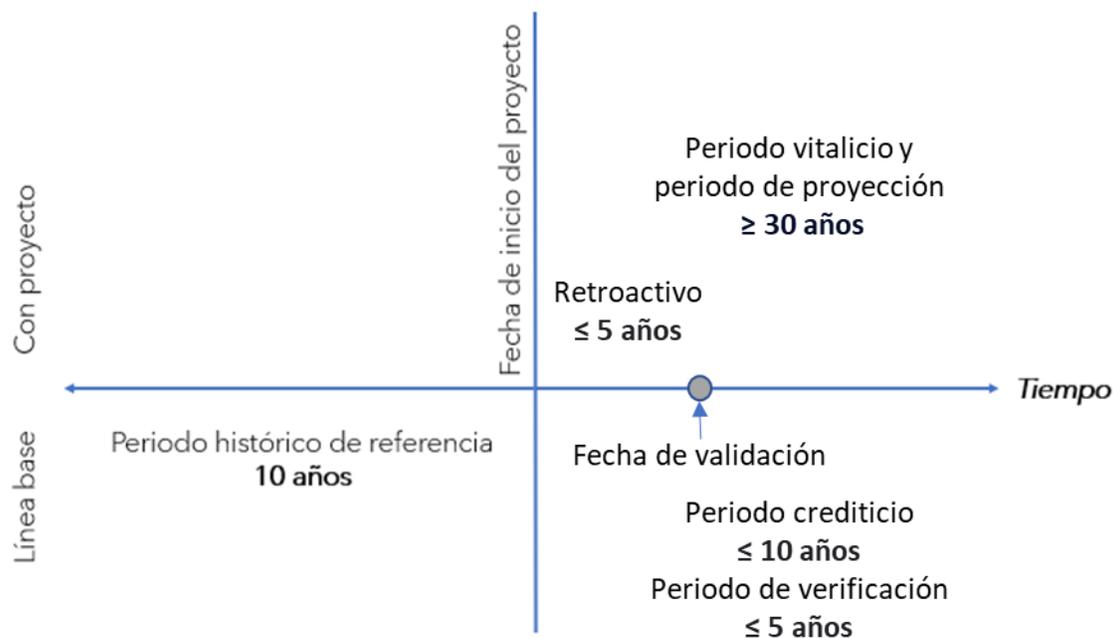


Ilustración 2 Límites temporales de un PMGEI

6.2 Límites Espaciales

El PMGEI debe identificar y delimitar las áreas que están sujetas a monitoreo según las actividades REDD+ desarrolladas. Los límites espaciales de un PMGEI para la actividad ARC son las siguientes:

6.2.1 Área de proyecto

Esta área corresponde a parcelas o extensiones de tierra sobre las cuales el proponente del proyecto posee el derecho legal sobre la tenencia de la tierra y por ende puede realizar actividades REDD+. Este derecho debe poseerlo el proponente desde la fecha de inicio del proyecto. El área de proyecto en donde se presenten ARC únicamente corresponde a áreas de bosque permanente que ha sido degradado. Se debe tener en cuenta que todas las áreas de bosque que se planifique serán deforestadas para la construcción de infraestructura, líneas de transmisión, o actividades que cuenten con licencia ambiental, deben ser sustraídas del área de proyecto. Los siguientes criterios deben ser tenidos en cuenta para identificar el área de proyecto:

- Nombre o nombres de los predios o áreas.
- Delimitación espacial del área del proyecto. Se puede presentar en diferentes formatos vectoriales que sean aplicables en un SIG (por ejemplo, shp., Geopackage, kml., entre otros).
- Describir la situación actual de tenencia de la tierra y propiedad legal del territorio.
- Listar todos los participantes y roles que tienen dentro del PMGEI.

6.2.1.1 Proyectos agrupados

Aplican las consideraciones de la metodología marco.

6.2.2 Región de Referencia

Este módulo no contempla región de referencia.

6.2.3 Área Potencial de Fugas

Se deben seguir las indicaciones de la metodología marco.

7. RESERVORIOS APLICABLES

Los reservorios de carbono incluidos en las diferentes actividades contempladas por la presente metodología serán aquellos que puedan ser medibles y significativos respecto a la línea base del PMGEI. Los reservorios seleccionados deben ser cuantificados tanto en el escenario de línea base como en el escenario con proyecto. A continuación, se identifican los reservorios susceptibles a incluirse dentro de un PMGEI.

Tabla 1 Reservorios aplicables a actividades ARC.

| Reservorio | ARC | Descripción |
|----------------------------|-----|--|
| Biomasa aérea | Si | Este reservorio debe ser incluido. Corresponde a la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, incluye tallos, ramas, corteza y follaje. Se espera que se mantenga en coberturas boscosas conservadas o se incremente en las áreas en las que se establecen coberturas boscosas. |
| Biomasa subterránea | Si | Toda la biomasa viva de las raíces. Se excluyen raíces finas de menos de 2 mm de diámetro. Se espera que se mantenga en coberturas boscosas conservadas o se incremente en las áreas en las que se establecen coberturas boscosas. |
| Madera Muerta | Opc | Comprende la biomasa muerta que se encuentra en la superficie, raíces muertas y tocones de individuos de 10 cm de diámetro o más. Debe ser significativo y justificado adecuadamente, puede ser monitoreado |

| Reservorio | ARC | Descripción |
|-----------------------------------|-----|---|
| Hojarasca | Opc | Comprende toda la biomasa vegetal muerta sobre el suelo que cuente con menos de 10 cm de diámetro. Deberá ser justificado como un reservorio significativo y para su inclusión debe ser posible su monitoreo |
| Carbono Orgánico del Suelo | Opc | Comprende todo el carbono orgánico que se almacena en el suelo, la profundidad de estimación deberá ser justificada por el proponente. Debe ser significativo y justificado adecuadamente, puede ser monitoreado |
| Productos maderables | No | Se relaciona con los productos maderables generados como consecuencia de la cosecha, extracción, transporte y transformación de los individuos maderables, entendiendo que la cosecha de individuos no genera la liberación inmediata del carbono almacenado. |

Donde: ARC: Aumento de Reservas de Carbono, Opc: Opcional,

8. FUENTES DE EMISIÓN

8.1 Actividades de reducción de emisiones no planeada

Todas las fuentes de emisión deben ser identificadas en el escenario de línea base y para su inclusión se debe demostrar que se espera que estas se incrementen o sean significativas, coherentes y consecuentes en los escenarios temporales evaluados (Escenario de formulación y Escenario de implementación). Para esto se deben, como mínimo, evaluar las diferentes fuentes que se presentan a continuación (Tabla 2), y de ser significativas deben monitorearse a su vez en el escenario de proyecto. Se recomienda incluir fuentes de emisión que supongan más del 5% del total de emisiones

calculadas en el escenario sin proyecto y con proyecto. Cualquier fuente que suponga una emisión no significativa de GEI, debe ser excluida de manera conservadora por lo cual también debe ser excluida de su monitoreo en el escenario con proyecto.

Para la cuantificación de las emisiones de las fuentes se pueden utilizar las ecuaciones, factores y recomendaciones de las guías del IPCC^{8 9}, metodologías del NREF sometido por el país anfitrión o inventarios de GEI consistentes con el área de proyecto.

Tabla 2 Fuentes de emisión

| Fuente | GEI | Aplica Si/No | Descripción |
|--------------------------------|------------------|--------------|--|
| Aumento de reservas de carbono | CO ₂ | Si | Emisiones relacionadas con cambios en los reservorios de carbono. |
| | CH ₄ | Opc. | Solo se incluye si se demuestra que para establecer las áreas de restauración ecológica se utiliza algún tipo de tecnología asociada a fuegos controlados. |
| | N ₂ O | Opc. | |
| Cambio de uso del suelo | CO ₂ | Si | Emisiones provocadas por el cambio de biomasa, si es necesario que se retiren individuos forestales de especies exóticas o invasoras. |
| | CH ₄ | No | Se considera si existen prácticas de aplicación de fertilizantes para la restauración ecológica. |
| | N ₂ O | No | |

Donde: Opc: Opcional

⁸ IPCC. (2003). Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para UTCUTS. Disponible en: kutt.it/laZFfp

⁹ IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Disponible en: kutt.it/iLdIfY

Cuando la información del periodo histórico respecto a incendios forestales sea suficiente y se tenga trazabilidad de las áreas quemadas para establecimiento de actividades agrícolas, se procede a calcular las emisiones generadas por estos en términos de metano y dióxido nitroso siguiendo las indicaciones del IPCC¹⁰:

$$ECH4eq_i = ECO2eq_i * \frac{11}{44} * RMCH4 * TCH4 \quad (1)$$

ECH4eq_i: Factor de emisión de CH₄ por estrato i quemado.

ECO2eq_i: Factor de emisión del estrato i.

RMCH4: Constante de relación molecular de metano y carbono dado por 16/12.

TCH4: Tasa de emisión de metano 0,012.

$$ENO2eq_i = ECO2eq_i * \frac{11}{44} * RMNO2 * TCNO24 * NC \quad (2)$$

ENO2eq_i: Factor de emisión de NO₂ del estrato i quemado.

ECO2eq_i: Factor de emisión del estrato i.

RMNO2: Constante de relación molecular de dióxido de nitrógeno y nitrógeno dado por 44/28.

TCNO24: Tasa de emisión de metano 0,007.

NC: Relación nitrógeno carbono 0,01.

9. LINEA BASE

9.1 Análisis histórico de uso de bosque

Se debe realizar un análisis geoespacial que, de cuenta de las dinámicas de cambio histórico de las existencias de carbono en el bosque permanente, para esto se deben utilizar los análisis producidos en la metodología marco en el numeral 11.1.2.

Una vez se tenga el mapa temático de degradación de bosques, se debe estratificar el bosque degradado en función de la historia del disturbio. Para

¹⁰ IPCC. (2003). Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para uso del suelo, cambio de uso del suelo y forestería. Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf

esto, se deben tener en cuenta tanto los factores limitantes y tensionantes, en primer lugar, y posterior a este paso los elementos potenciadores. Los agentes limitantes son definidos como aquellos elementos de origen biótico y abiótico que impiden que las trayectorias ecológicas puedan ser auto sostenibles¹¹, como la invasión provocada por especies exóticas o la reducción de la humedad provocada por acción del viento. Por otra parte, los agentes tensionantes son aquellos elementos del medio biofísico o social que pueden ayudar a que se presente una restauración más activa. Por ejemplo, la presencia de especies o grupos taxonómicos clave en el proceso sucesional o la presencia de agremiaciones económicas que tengan la intención de conservar y restaurar los ecosistemas.

Una vez identificados los agentes tensionantes y limitantes, se deben estratificar los bosques degradados en función de la interacción de estos. Por ejemplo, bosques con factores limitantes como bosques en suelos salinizados, bosques bajo pastoreo de ganadería, bosques con presencia de especies exóticas, bosques con déficit de humedad relativa, entre otros.

Este análisis debe ser complementado con el análisis de motores, agentes y causas subyacentes de la deforestación y la degradación forestal, tratando de hacer énfasis en como los agentes han provocado o han contribuido a que tanto agentes limitantes como tensionantes se mantengan en el tiempo por tipo de bosque degradado. Por ejemplo, el uso de pastos para la ganadería, o la introducción de especies invasoras como el ganado que depreda la regeneración natural, plantas invasoras que impiden el resurgimiento de sucesiones secundarias o primarias, o la tala de ciertos individuos que cumplen función como corta vientos o sombríos que impiden el desarrollo óptimo del bosque (ejemplo, el proceso de paramización del ecosistema bosque altoandino).

¹¹ Brown, Sandra; LUGO, Ariel E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. *Restoration Ecology*, 1994, vol. 2, no 2, p. 97-111.

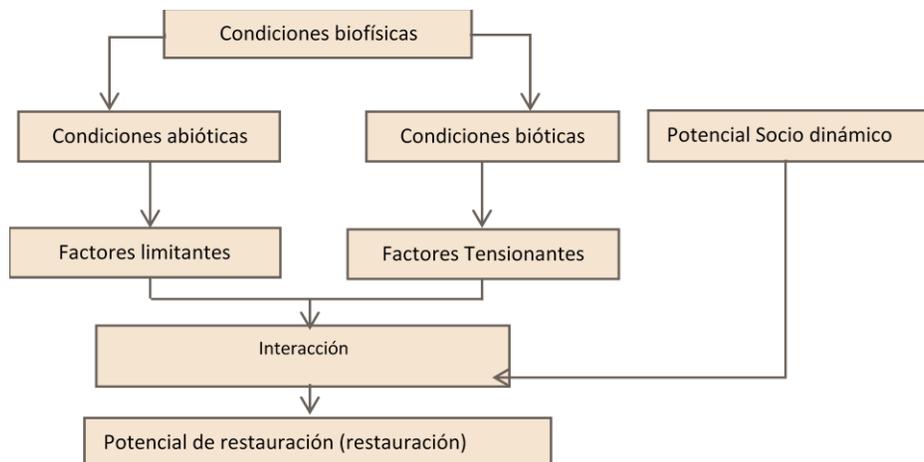


Ilustración 3 Definición de factores limitantes y tensionantes ¹²

Para este caso se debe complementar el estudio con cartografía social participativa que permita confirmar y reforzar la información que se tiene de cómo han sido estas dinámicas de disturbio del bosque permanente. Este estudio debe detallar cuáles son sus características principales, cómo son los factores limitantes o tensionantes asociados a estas, y cómo los motores de deforestación y degradación forestal se asocian con la historia de disturbio de cada categoría. Por último, se debe hacer una línea de tiempo, que se recomienda sea participativa, que muestre como ha sido la dinámica del disturbio por cada tipo de bosque degradado.

9.2 Inventario Forestal

Una vez confirmados los estratos de bosque degradado respecto la historia de disturbio, se procede a realizar un inventario forestal estratificado que permita identificar el estado de los reservorios de carbono en su estado inicial, los datos de los reservorios deben contar con un error del 10% teniendo un intervalo de confianza del 95%. Las parcelas identificadas en este inventario forestal se deben tomar como permanentes y su monitoreo se deber realizar cada año.

¹² BACHAQUEROS, Fundación Estación Biológica. Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santafé de Bogotá. *Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. Dama, 2000.*

$$n = \frac{t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2}{E\%{}^2 + \frac{(t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2)}{N}} \quad (3)$$

Donde:

n = Número de parcelas requeridas en el muestreo para estimar la biomasa acumulada.

N = Número máximo total de parcelas posibles a muestrear en toda el área.

t_{2m-1}^2 = Valor de la tabla *t*-student de doble vía, con la precisión (confianza) y grados de libertad requeridos.

P_j = Peso relativo, del área del estrato j con respecto del área total, área del estrato j dividido en el área del proyecto.

m = Número total de estratos generados.

S_j (ton biomasa/ha) = Desviación estándar estimada, de la biomasa acumulada en el estrato j .

9.3 Factores de Emisión

Los factores de emisión de los reservorios y/o factores de emisión¹³ que se utilicen para ARC, del estado inicial de los bosques degradados deben provenir de fuente propia, en ningún caso se aceptan reservorios que provengan de otras fuentes, incluidas oficiales. Los factores de emisión también deben ser medibles y verificables con el fin de que estos permitan su monitoreo, reporte y verificación; esto teniendo en cuenta las capacidades nacionales de acuerdo con la decisión 9/CP.19.

Para el desarrollo de los factores de emisión se deben tener en cuenta los cálculos en reservorios de carbono mediante inventarios que presenten un error menor al 10%, con un nivel de confianza del 95%, se deben generar datos locales a partir de inventarios forestales. Para la identificación de estas fuentes de emisión se pueden utilizar reconstrucciones metodológicas de los procesos definidos por el NREF, inventarios de GEI o inventarios nacionales, aplicables al PMGEI. Cuando el país anfitrión no cuente con ningún mecanismo de monitoreo forestal, este no es aplicable para el desarrollo de un PMGEI según la decisión 9/CP.19.

¹³ Según la decisión 12/CP. 17 de la CMNUCC los NREF/NRF deben ser expresados en toneladas de dióxido de carbono equivalente por año.

$$\Delta BA_i = (BA_{t1} - BA_{t2}) * RM * FC \quad (4)$$

ΔBA_i : Factor de remoción o emisión del reservorio de biomasa aérea en términos de Mg de CO₂ por hectárea del estrato *i*.

BA_{t1} : Biomasa aérea en el tiempo inicial en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato *i*.

BA_{t2} : Biomasa aérea en el tiempo final en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato *i*.

RM: Constante de relación molecular de dióxido de carbono y carbono dado por 44/12.

FC: Constante de relación de carbono en biomasa, se recomienda un valor de 0,45, el del Nref, o un valor que se ajuste al área del proyecto.

$$\Delta BS_i = (BS_{t1} - BS_{t2}) * RM * FC \quad (5)$$

ΔBS_i : Factor de remoción o emisión del reservorio de biomasa subterránea en términos de Mg de CO₂ por hectárea del estrato *i*.

BS_{t1} : Biomasa subterránea en el tiempo inicial en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato *i*.

BS_{t2} : Biomasa subterránea en el tiempo final en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato *i*.

RM: Constante de relación molecular de dióxido de carbono y carbono dado por 44/12.

FC: Constante de relación de carbono en biomasa, se recomienda un valor de 0,45, el del Nref, o un valor que se ajuste al área del proyecto.

$$\Delta MM_i = (MM_{t1} - MM_{t2}) * RM * FC \quad (6)$$

ΔMM_i : Factor de remoción o emisión del reservorio de biomasa muerta en términos de Mg de CO₂ por hectárea del estrato *i*.

MM_{t1} : Biomasa muerta en el tiempo inicial en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato *i*.

MM_{t2} : Biomasa muerta en el tiempo final en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato *i*.

RM: Constante de relación molecular de dióxido de carbono y carbono dado por 44/12.

FC: Constante de relación de carbono en biomasa, se recomienda un valor de 0,45, el del Nref, o un valor que se ajuste al área del proyecto.

$$\Delta LIT_i = (LIT_{t1} - LIT_{t2}) * RM * FC \quad (7)$$

ΔLIT_i : Factor de remoción o emisión del reservorio de hojarasca en términos de Mg de CO_2 por hectárea del estrato i .

LIT_{t1} : Hojarasca en el tiempo inicial en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato i .

LIT_{t2} : Hojarasca en el tiempo final en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato i .

RM : Constante de relación molecular de dióxido de carbono y carbono dado por 44/12.

FC : Constante de relación de carbono en biomasa, se recomienda un valor de 0,45, el del N_{ref} , o un valor que se ajuste al área del proyecto.

$$\Delta COS_{20i} = \frac{(COS_{t1} - COS_{t2})}{20} * RM * FC \quad (8)$$

ΔCOS_{20i} : Factor de remoción o emisión del reservorio de carbono orgánico en el suelo en términos de Mg de CO_2 por hectárea del estrato i .

ΔCOS_{t1} : Carbono orgánico en el suelo en el tiempo inicial en términos de Mg carbono por hectárea del estrato i .

ΔCOS_{t2} : Carbono orgánico en el suelo en el tiempo final en términos de Mg de carbono por hectárea del estrato i .

RM : Constante de relación molecular de dióxido de carbono y carbono dado por 44/12.

FC : Constante de relación de carbono en biomasa, se recomienda un valor de 0,45, el del N_{ref} , o un valor que se ajuste al área del proyecto.

Para calcular la emisión total por estrato i se utiliza la siguiente ecuación:

$$ECO2eq_i = (\Delta BA_i + \Delta BS_i + \Delta LIT_i + \Delta MM_i + \Delta COS_{20i}) \quad (9)$$

Donde:

$ECO2eq_i$: Factor de remoción o emisión del estrato i

ΔBA_i : Factor de remoción o emisión del reservorio de biomasa aérea en términos de Mg por hectárea del estrato i .

ΔBS_i : Factor de remoción o emisión del reservorio de biomasa subterránea en términos de Mg de CO_2 por hectárea del estrato i .

ΔLIT_i : Factor de remoción o emisión del reservorio de hojarasca en términos de Mg de CO_2 por hectárea del estrato i .

ΔMM_i : Factor de remoción o emisión del reservorio de biomasa muerta en términos de Mg de CO_2 por hectárea del estrato i .

ΔCOS_{20i} : Factor de remoción o emisión del reservorio de carbono orgánico en el suelo a 20 años en términos de Mg de CO_2 por hectárea del estrato i .

10. ADICIONALIDAD¹⁴

10.1 Alcance

- Esta metodología proporciona el paso a paso de como demostrar la adicionalidad de un PMGEI que incluya actividades ARC¹⁵.
- Al evaluar esta herramienta los OVV deben evaluar la credibilidad, idoneidad de los datos, fundamentos, supuestos, justificaciones y documentación, que soporta estos análisis, proporcionada por el desarrollador del PMGEI; esto teniendo en cuenta su aplicabilidad.
- Para que un proyecto ARC sea adicional debe cumplir con todos los requerimientos de este apartado metodológico.

10.2 Aplicabilidad

Este procedimiento es aplicable bajo las siguientes consideraciones:

- Aplica para actividades de restauración ecológica pasiva y activa cuya finalidad sea el aumento de reservas de carbono.
- Los proyectos que sean derivados de mandatos legales, regulaciones nacionales, o locales que lleven a implementar un proyecto de restauración en bosques permanentes de manera expresa no se consideraran adicionales. Cuando estas políticas existan, el desarrollador puede realizar un análisis que demuestre la inoperancia o falta de recursos financieros, tecnológicos y sociales que demuestren que dicha regulación no ha podido ser aplicada de manera sistemática. No aplican regulaciones generales como artículos constitucionales, medidas cautelares o normas que

¹⁴ Adaptado de: CDM (2007). A/R Methodological Tool “Tool for the Demonstration and Assessment of Additionality in A/R CDM Project Activities” (Version 02). Fuente: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-01-v2.pdf>

¹⁵ De acuerdo con el Estándar ColCX las actividades ARC, son de aumento de reservas de carbono y solo aplican para áreas de bosque permanente.

obliguen a los ciudadanos del país anfitrión a cuidar el medio ambiente o salvaguardar los recursos naturales de la nación.

- No son adicionales los proyectos producto de compensaciones por impacto ambiental, o que ya cuenten con el usufructo de beneficios por pago por servicios ambientales.

Para soportar y demostrar la adicionalidad de un PMGEI a gran escala se deben seguir los siguientes pasos:

10.3 Paso 1: Identificación del escenario de trayectoria sucesional sin PMGEI

Este paso sirve para identificar un escenario que muestre como sería la trayectoria del bosque degradado sin la intervención del PMGEI:

Sub paso 1a: Identificar un escenario sucesional sin la intervención del PMGEI creíble:

El escenario sucesional sin la intervención del PMGEI debe ser creíble y soportable de tal forma que reflejen un escenario probable que dé cuenta de lo que habría dentro de los límites del bosque degradado en ausencia de las actividades de un PMGEI. Este escenario debe ser coherente a nivel de tendencias de disturbios en función de agentes limitantes y tensionantes en bosques naturales históricos.

Los escenarios de uso de la tierra identificados deberán incluir al menos:

- Continuación tendencias de disturbios en función de agentes limitantes y tensionantes previo a la implementación del PMGEI.
- Disturbios, agentes limitantes y tensionantes dentro de los límites del PMGEI.
- Se pueden incluir disturbios en función de agentes limitantes y tensionantes de otras áreas similares a las actividades dentro de los límites del PMGEI siempre y cuando estos se presenten en lugares encontrados en la misma cuenca hidrográfica en bosques con condiciones ecológicas similares en términos de humedad, suelo y radiación solar.

Para identificar si el escenario sucesional sin la intervención del PMGEI es creíble el proponente debe aportar información sobre hechos históricos del

territorio, encuestas, u otra documentación proveniente de fuentes oficiales, también puede incluir información de talleres participativos realizados con las comunidades. Para esto se pueden incluir documentos de planificación del territorio, políticas y regulaciones que hagan que los disturbios identificados en función de agentes limitantes y tensionantes en bosques naturales sean creíbles.

- **Sub-paso 1b.** Identificación de las actividades necesarias para hacer frente a los disturbios, agentes limitantes y tensionantes

Liste todos los agentes limitantes y tensionantes identificados en el sucesional sin la intervención del PMGEI creíble. Muestre la evidencia que soporta la existencia o probabilidad de existencia de estos agentes limitantes y tensionantes identificados. Justifique por qué existen problemas en los agentes potenciadores identificados que les impiden la realización de estrategias de restauración.

Con la lista de todos los agentes limitantes, tensionantes y explicaciones de porque los agentes potenciadores no realizan estrategias de restauración, genere una lista de actividades necesarias para realizar una adecuada restauración, seguido de esto justifique su aplicación.

Luego, haga un análisis que muestre como seria ese bosque degradado en el escenario de trayectoria sucesional sin PMGEI y con la implementación de las estrategias necesarias para la restauración.

Si el escenario que escenario sucesional sin la intervención del PMGEI creíble es igual al hipotético con actividades del PMGEI, entonces el proyecto no es adicional.

Si el escenario sucesional sin la intervención del PMGEI creíble es diferente al hipotético con actividades de PMGEI realice el análisis de barreras de las actividades necesarias para una adecuada restauración.

10.4 Paso 2. Análisis de barreras

Determine si la trayectoria sucesional que surgiría si el proyecto implementa actividades de restauración enfrenta barreras que previenen la implementación de estas sin los ingresos de la venta de créditos de GEI; y

Utilice los siguientes pasos secundarios:

- **Sub-paso 3a.** Identificar las barreras que impedirían la implementación de las actividades necesarias para lograr la trayectoria sucesional propuesta

Establecer la existencia de barreras que impedirían la implementación las actividades necesarias para lograr la trayectoria sucesional propuesta si el proyecto no estuviera registrado como un PMGEI en COLCX. Las barreras no deben ser específicas del PMGEI o de los proponentes del proyecto. Dichas barreras pueden incluir, entre otras:

a) Barreras a la inversión:

- i) Barreras financieras que han enfrentado proyectos de restauración similares que no se presentarían sin la financiación de ayudas internacionales, fundaciones o el estado;
- ii) Capacidad de financiamiento de la deuda no está disponible para este tipo de actividad de proyecto;
- iii) Falta de acceso al crédito.

b) Barreras institucionales, entre otras:

- i) Riesgos relacionados con cambios en políticas gubernamentales o leyes;
- ii) Falta de aplicación de la legislación relacionada con la restauración de bosques o el uso de la tierra.

c) Barreras tecnológicas, entre otras:

- i) Falta de acceso a materiales de siembra;
- ii) Falta de equipamiento y/o infraestructura para la implementación de la tecnología a usar.

d) Barreras relacionadas con la tradición local, entre otras:

- i) Conocimientos tradicionales o falta de ellos, leyes y costumbres, condiciones de mercado, prácticas;
- ii) Equipos y tecnología tradicionales.

e) Barreras debidas a la práctica predominante, entre otras:

- i) La actividad de proyecto es la “primera de su tipo”: ninguna actividad de proyecto de este tipo está actualmente en funcionamiento en el país o región anfitriona.
- f) Barreras debidas a las condiciones ecológicas locales, entre otras:
 - i) Suelo degradado (por ejemplo, erosión hídrica/eólica, salinización, etc.);
 - ii) Eventos catastróficos naturales y/o inducidos por el hombre (por ejemplo, deslizamientos de tierra, incendios, etc.);
 - iii) Condiciones meteorológicas desfavorables (por ejemplo, heladas tempranas/tardías, sequía);
 - iv) Especies oportunistas omnipresentes que impiden la regeneración de los árboles (por ejemplo, pastos, malezas);
 - v) Curso desfavorable de la sucesión ecológica;
 - vi) Presión biótica en términos de pastoreo, recolección de forraje, etc.
- g) Barreras debidas a condiciones sociales y prácticas de uso de la tierra, entre otras:
 - i) Presión demográfica sobre la tierra (por ejemplo, mayor demanda de productos de los bosques para satisfacer necesidades humanas);
 - ii) Conflictividad social entre grupos de interés en la región donde se desarrolla el proyecto;
 - iii) Prácticas ilegales generalizadas (por ejemplo, pastoreo ilegal, extracción de productos no maderables y tala de árboles);
 - iv) Escasez de mano de obra disponible para realizar la actividad de restauración ecológica;
 - v) Falta de mano de obra calificada y/o debidamente capacitada;
 - vi) Falta de organización de las comunidades locales.
- h) Barreras provocadas por la organización local de las comunidades;
- i) Barreras relacionadas con la tenencia, propiedad, herencia y derechos de propiedad de la tierra, entre otros:
 - i) La propiedad comunal de la tierra con una jerarquía de derechos para diferentes actores limita los incentivos para realizar la actividad de restauración ecológica;

- ii) Falta de legislación y regulación adecuada sobre la tenencia de la tierra para respaldar la seguridad de la tenencia;
- iii) Ausencia de derechos de propiedad claramente definidos y regulados en relación con los productos y servicios de los recursos naturales;
- iv) Sistemas de tenencia formales e informales que aumentan los riesgos de fragmentación de la tenencia de la tierra;
- v) La lejanía de las actividades de restauración ecológica y las carreteras y la infraestructura sin desarrollar generan grandes gastos de transporte, lo que erosiona la competitividad y la rentabilidad de este tipo de actividades;
- vi) Riesgo de enfrentar precios elevados en los insumos necesarios para llevar a cabo la actividad de restauración ecológica;
- vii) Ausencia de instalaciones para germinar, sembrar, propagar y establecer lo que limita las posibilidades de realizar las actividades de restauración.

Las barreras identificadas solo pueden ser consideradas como motivos suficientes para la demostración de adicionalidad, si impedirían que los posibles proponentes del proyecto llevaran a cabo la actividad del proyecto de restauración si no se esperaba que este se registrara como un PMGEI.

- **Sub-paso 3a.** Proporcionar evidencia que soporte las barreras identificadas

Proporcionar evidencia documentada y transparente, y ofrecer interpretaciones conservadoras de esta evidencia documentada, en cuanto a cómo se demuestra la existencia y la importancia de las barreras identificadas. Se puede incluir evidencia anecdótica, pero por sí sola no es prueba suficiente de las barreras. El tipo de evidencia a ser proporcionada puede incluir:

- i) Legislación relevante, información regulatoria o normas, actos o reglas de manejo ambiental/de recursos naturales;
- ii) Estudios o encuestas (sectoriales) pertinentes (por ejemplo, estudios de mercado, estudios tecnológicos, etc.) realizados por universidades, instituciones de investigación, ONG,

asociaciones, empresas, instituciones bilaterales/multilaterales, etc.;

- iii) Datos estadísticos relevantes de estadísticas nacionales o internacionales;
- iv) Documentación de datos de mercado relevantes (por ejemplo, precios de mercado, tarifas, reglas);
- v) Documentación escrita de la empresa o institución que desarrolla o implementa la actividad del PMGEI o del desarrollador del PMGEI, tales como actas de reuniones de Directorio, correspondencia, estudios de factibilidad, información financiera o presupuestaria, etc.;
- vi) Documentos preparados por el desarrollador del proyecto, los contratistas o los socios del proyecto en el contexto de la actividad del proyecto propuesta o implementaciones similares anteriores del proyecto;
- vii) Documentación escrita de juicios de expertos independientes de organismos gubernamentales/no gubernamentales relacionados con restauración ecológica o expertos individuales, instituciones educativas (por ejemplo, universidades, escuelas técnicas, centros de capacitación), asociaciones profesionales y otros.

- **Sub-paso 3c.** Demuestre que las barreras identificadas impiden que las actividades necesarias para una adecuada restauración se lleven a cabo sin la financiación climática de un PMGEI.

Explique cómo las barreras identificadas impiden la implementación de todas las actividades necesarias para una adecuada restauración. Si no se encuentran barreras que impiden la adecuada restauración o su soporte es débil, el proyecto no puede considerarse como adicional.

Si por el contrario las actividades necesarias para una adecuada restauración, y solo con el financiamiento climático de un PMGEI pueden solventarse, entonces el proyecto ARC es adicional.

11. ESCENARIO DE LÍNEA BASE

El escenario de línea base se construye respecto a las emisiones estimadas en las cuales se incurriría si se inicia el proceso de restauración ecológica, por ejemplo, si se debe utilizar fuego para iniciar un proceso de sucesión secundaria, o se necesita retirar material vegetal, fertilizar o utilizar técnicas de ingeniería agronómica o civil para eliminar o controlar factores limitantes o tensionantes. Las remociones de GEI por actividades ARC comienzan a cuantificarse una vez termina el inventario forestal. En todo caso para cualquier estrato de bosque degradado respecto a la historia de disturbio identificado, se debe demostrar su adicionalidad.

12. ESCENARIO DE FORMULACIÓN

El escenario de formulación, parte de las proyecciones basadas en la modelación del aumento de las remociones de GEI, para esto se pueden tomar como referencia estudios secundarios o estudios propios que muestren como sería esta tendencia de incremento en los stocks¹⁶, esta modelación multitemporal, por estrato de bosque degradado, se debe hacer para el periodo vitalicio del proyecto y reemplaza el factor $APBARCf_i$ en la ecuación 26. A este se le debe descontar un coeficiente de eficiencia el cual debe estar en el orden de 70% a 90% y su elección deberá ser justificada por el proponente y se denomina EF . Esto se soporta en función de las actividades generadas por el proponente. El por el factor $(1 - Ef)$ se debe multiplicar año a año de acuerdo con el total de las remociones proyectadas.

$$CO2APBARC_{i,t} = (APBARCf_i) * ECO2eq_i \quad (10)$$

$$\Delta CP_{T,t} = \sum CO2APBARC_{i,t} \quad (11)$$

Donde:

$CO2APBARC_{i,t}$: Aumento en las remociones de CO_2 equivalente de bosque degradado del estrato i en el año t , del área de proyecto.

¹⁶ Ríos-Camey, J. M., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., & Santos-Posadas, H. M. D. L. (2021). Crecimiento e incremento en biomasa y carbono de *Pinus teocote* Schltdl. et Cham. y *Pinus oocarpa* Schiede., Guerrero, México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(67), 81-108.

$CO2APBARC_t$: Aumento en las remociones de CO_2 equivalente de bosque degradado del estrato i en el año t , del área de proyecto.

$APBARCf_i$: Área del estrato de bosque degradado i en la fecha de inicio del PMGEI, en hectáreas.

$ECO2eq_i$: Factor de remoción del estrato de bosque degradado i

$$\Delta ARC_{ACTUAL,t} = \Delta CP_{T,t}(1 - Ef) - GEI_{E,t} \quad (12)$$

Donde:

$\Delta ARC_{ACTUAL,t}$ (tCO_2e) = Son las remociones netas de CO_2 proyectadas, por los sumideros al año t , los cambios en los stocks de carbono, así como su incertidumbre se deben realizar siguiendo los lineamientos de la herramienta A/R TOOL 14¹⁷.

$\Delta CP_{T,t}$ (tCO_2e) = Son los aumentos de reservas de carbono en los sumideros del proyecto proyectados al año t .

$GEI_{E,t}$ (t) = Son las emisiones de GEI diferentes de CO_2 , expresadas en CO_2e a través del PCG correspondiente, que se presentan dentro del área del proyecto y en cercanías de su área limítrofe no mayor a 3 metros externos. Estas emisiones son causadas por prácticas de establecimiento y manejo del proyecto, en el año t . Son estimadas de acuerdo con la A/R TOOL 08¹⁸ y su equivalencia de CO_2 se realizará de acuerdo con el último informe de evaluación del IPCC (AR5).

Ef : Coeficiente de eficiencia del proyecto.

Una vez realizada la estimación de la proyección del aumento en las remociones en el escenario de formulación, se procede a hacer la estimación de los COLCERS, certificados de carbono de COLCX, con la siguiente fórmula:

Para el compartimiento de aumento de reservas de carbono ARC:

$$COLCERSDef_t = (\Delta ARC_{ACTUAL,t}) - (\Delta ARC_{ACTUAL,t} * RNP) \quad (13)$$

Donde:

$COLCERSDef_t$: certificados de COLCX de línea base que son atribuibles a las actividades de deforestación evitada.

RNP : Riesgo de no permanencia

¹⁷ CDM. 2011. Methodological tool Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities. En: [ar-am-tool-14-v4.2.pdf \(unfccc.int\)](https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-14-v4.2.pdf)

¹⁸ Adaptado de: CDM (2011). A/R Methodological Tool Estimation of non- CO_2 GHG emissions resulting from burning of biomass attributable to an A/R CDM project activity (Version 04.0.0). Fuente: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-08-v2.pdf>

13. ESCENARIO DE IMPLEMENTACIÓN

Los cálculos del escenario de implementación son iguales a los de formulación, salvo que los valores de cada reservorio de carbono. Para el caso de la biomasa aérea se debe tomar como referencia la herramienta AR-TOOL14 del MDL, como se muestra en los pasos subsiguientes¹⁹. Para el caso de los otros reservorios se pueden utilizar metodologías igualmente avaladas por el MDL, metodologías de inventarios de GEI nacionales, institutos de investigación o metodologías científicas publicadas en revistas científicas indexadas. En todo caso, el desarrollador del proyecto debe presentar cuales fueron los conceptos, supuestos, y pasos metodológicos para calcular la remoción de carbono en cada reservorio.

13.1 Estimación del cambio en las existencias de carbono en los árboles entre dos momentos

$C_{TREE,t}$ = Reserva de carbono en la biomasa arbórea dentro de los límites del proyecto en un momento determinado del año t .

$\Delta C_{TREE,t}$ = Cambio en las existencias de carbono en la biomasa arbórea dentro de los límites del proyecto en el año t .

13.1.1 Diferencia de dos estimaciones de existencias independientes

Cambio en las existencias de carbono e incertidumbre asociada

$$\Delta C_{TREE} = C_{TREE,t_2} - C_{TREE,t_1} \quad (14)$$

$$u_{\Delta C} = \frac{\sqrt{(u_1 * C_{TREE,t_2})^2 + (u_2 - C_{TREE,t_1})^2}}{|\Delta C_{TREE}|} \quad (15)$$

Donde:

ΔC_{TREE} = Cambio en las existencias de carbono en los árboles durante el período entre dos puntos de tiempo t_1 y t_2 ; toneladas de CO₂e

¹⁹ CDM. 2011. Methodological tool Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities. En: [ar-am-tool-14-v4.2.pdf \(unfccc.int\)](http://ar-am-tool-14-v4.2.pdf(unfccc.int))

C_{TREE,t_1} = Reserva de carbono en los árboles estimada en el tiempo t_1 ; toneladas de CO₂e

Nota 1. En la primera verificación C_{TREE,t_1} se establece igual a la reserva de carbono en la biomasa de árboles anteproyecto ($C_{TREE,t_1} = \Delta C_{TREE_BSL}$).

Nota 2. Incluso si C_{TREE,t_1} se hizo conservador en el momento de se trata de una verificación previa, es el valor estimado (sin descuento) del C_{TREE,t_1} que se usa aquí.

C_{TREE,t_2} = Reserva de carbono en los árboles estimada en el tiempo t_2 ; toneladas de CO₂e.

$u_{\Delta C}$ = Incertidumbre en ΔC_{TREE} .

u_1, u_2 = Incertidumbres en $C_{TREE,t_1}, C_{TREE,t_2}$ respectivamente.

13.1.2 Estimación directa del cambio al volver a medir las parcelas de muestra

$$\Delta C_{TREE} = \frac{11}{44} * C_{F_{TREE}} * \Delta B_{TREE} \quad (16)$$

$$\Delta B_{TREE} = A * \Delta b_{TREE} \quad (17)$$

$$\Delta b_{TREE} = \sum_{i=1}^M W_i * \Delta b_{TREE,i} \quad (18)$$

$$u_{\Delta C} = \frac{t_{VAL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_{\Delta i}^2}{n_i}}}{|\Delta b_{TREE}|} \quad (19)$$

Donde:

ΔC_{TREE} = Cambio en las existencias de carbono en los árboles entre dos mediciones sucesivas; toneladas de CO₂e.

$C_{F_{TREE}}$ = fracción de carbono de la biomasa arbórea; toneladas de C.

Se utiliza un valor predeterminado de 0,47 a menos que se pueda proporcionar información transparente y verificable para justificar un valor diferente.

ΔB_{TREE} = Cambio en la biomasa de árboles dentro de los estratos de estimación de biomasa; ton de materia seca por ha.

A = Suma de áreas de los estratos de estimación de biomasa; ha.

Δb_{TREE} = Cambio medio en la biomasa de árboles por hectárea dentro de los estratos de estimación de biomasa; ton de materia seca por ha.

W_i = Relación del área del estrato i a la suma de áreas de biomasa i.e. $w = A_i/A$; adimensional.

$\Delta b_{TREE,i}$ = Cambio medio en las existencias de carbono por hectárea en la biomasa de los árboles en estrato i ; ton de materia seca por ha.

$u_{\Delta C}$ = Incertidumbre en ΔC_{TREE} .

t_{VAL} = Valor t de Student bilateral para un nivel de confianza del 90% y grados de libertad iguales a $n - M$, donde n es el número total de parcelas de muestra dentro de

los estratos de estimación de la biomasa arbórea, y M es el número total de estratos de estimación de la biomasa arbórea.

$S_{\Delta,i}^2$ = Varianza del cambio medio en la biomasa arbórea por hectárea en el estrato i ; (t d. m. ha⁻¹)².

n_i = Número de parcelas de muestreo, en el estrato i , en las que se volvió a medir la biomasa arbórea.

El cambio medio en la biomasa arbórea por hectárea en un estrato y la varianza asociada se estiman de la siguiente manera:

$$\Delta b_{TREE,i} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} \Delta b_{TREE,p,i}}{n_i} \quad (20)$$

$$S_{\Delta,i}^2 = \frac{n_i * \sum_{p=1}^{n_i} \Delta b_{TREE,p,i}^2 - (\sum_{p=1}^{n_i} \Delta b_{TREE,p,i})^2}{n_i * (n_i - 1)} \quad (21)$$

Donde:

$\Delta b_{TREE,i}$ = Cambio medio en la biomasa arbórea por hectárea en el estrato i ; ton de materia seca por ha.

$\Delta b_{TREE,p,i}$ = Cambio en la biomasa arbórea por hectárea en la parcela p en el estrato i ; ton de materia seca por ha.

$S_{\Delta,i}^2$ = Varianza del cambio medio en la biomasa arbórea por hectárea en el estrato i ; (tdm ha⁻¹)²

n_i = Número de parcelas de muestreo, en el estrato i , en las que se volvió a medir la biomasa arbórea.

Si $u_{\Delta C}$ estimado es superior al 10 por ciento, ΔC_{TREE} se hace conservador aplicando el descuento de incertidumbre de acuerdo con el procedimiento proporcionado en el Apéndice 2 de la AR-TOOL14 del MDL.

La biomasa de árboles por hectárea en una parcela de muestra se estima aplicando uno de los métodos de medición proporcionados en el Apéndice 1 de la AR-TOOL14 del MDL

13.1.3 Estimación por cobertura de copa proporcional

Este método es aplicable solo en la estimación del escenario de formulación, del cambio en las existencias de carbono en los árboles en la línea de base cuando la cobertura de copa de árboles anterior al proyecto es inferior al 20 por ciento del umbral de cobertura de copa de árboles

El cambio en las existencias de carbono en los árboles en la línea de base se estima como sigue:

$$\Delta C_{TREE_BSL} = \sum_{i=1}^M \Delta C_{TREE_BSL,i} \quad (22)$$

$$x \Delta C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C_{F_{TREE}} * \Delta b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * \Delta C_{TREE_BSL,i} * A_i \quad (23)$$

Donde

ΔC_{TREE_BSL} = Cambio medio anual en las existencias de carbono en los árboles en la línea de base; t CO₂e año⁻¹.

$\Delta C_{TREE_BSL,i}$ = Cambio medio anual en las existencias de carbono en los árboles en la línea de base, en el estrato i de la línea de base; t CO₂e año⁻¹.

$C_{F_{TREE}}$ = Fracción de carbono de la biomasa arbórea; toneladas de C.

Se utiliza un valor predeterminado de 0,47 a menos que se pueda proporcionar información transparente y verificable para justificar un valor diferente.

Δb_{FOREST} = Incremento anual medio por defecto de la biomasa aérea en el bosque en la región o país donde se ubica la actividad del proyecto MDL de F/R; t dm ha⁻¹ año⁻¹.

Valores de la Δb_{FOREST} se toman de la Tabla 3A.1.5 del IPCC Guía práctica para el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura 2003, a menos que se pueda proporcionar información transparente y verificable para justificar los diferentes valores.

Nota. La biomasa de los árboles puede alcanzar un estado estable en el que el crecimiento de la biomasa se vuelve cero o insignificante, ya sea debido a la madurez biológica de los árboles o porque la tasa de extracción de biomasa antropogénica del área es igual a la tasa de crecimiento de la biomasa.

Por lo tanto, este parámetro debe tomarse como cero después del año en que la biomasa de árboles en la línea de base alcanza un estado estable. El año en que la biomasa arbórea en la línea de base alcanza un estado estacionario se toma como el vigésimo año desde el inicio de la actividad del proyecto, a menos que se pueda proporcionar información transparente y verificable para justificar un año diferente.

R_{TREE} = Relación raíz-tallo para los árboles en la línea de base; adimensional disminuir las reservas de carbono en los árboles; Se utiliza un valor predeterminado de 0,25 a menos que se pueda proporcionar información transparente y verificable para justificar un valor diferente.

$CC_{TREE_{BSL},i}$ = Cobertura de copas de árboles en la línea de base, en el estrato de línea de base i , al inicio de la actividad de proyecto MDL de F/R, expresada como una fracción (p. ej., 10 por ciento de cobertura de copas implica = 0,10); adimensional.

A_i = Área del estrato de línea base i , delineada sobre la base de la cobertura de copas de árboles al inicio de la actividad del proyecto; ha.

13.1.4 Demostración de “no-disminución”

Este método es aplicable solo en la estimación ex-post del cambio en las reservas de carbono en los árboles para el seguimiento de las actividades del proyecto. Los participantes del proyecto pueden, en el momento de la verificación, demostrar que la biomasa de los árboles en uno o más estratos no ha disminuido en relación con la biomasa de los árboles en el momento de la verificación anterior, demostrando que:

- a) No ha ocurrido cosecha en el estrato desde la verificación anterior;
- b) El estrato no se vio afectado por ninguna perturbación (p. ej., plagas, incendios) que disminuir las reservas de carbono en los árboles;
- c) Los datos de la teledetección o los datos del inventario, incluido el inventario participativo o los datos de mapeo fotográfico participativo, demuestran que la cubierta de copas de los árboles en el estrato no ha disminuido desde la verificación anterior.

Cuando se demuestre que se han cumplido las tres condiciones anteriores en un estrato, el cambio en las existencias de carbono en los árboles de ese estrato desde la verificación anterior puede estimarse conservadoramente como cero.

Nota. Este método es eficiente cuando se requiere que los participantes del proyecto presenten un informe de verificación y certificación en un momento en que el aumento de biomasa en el proyecto desde la verificación anterior puede no ser lo suficientemente grande como para justificar el costo de realizar un inventario (por ejemplo, cuando la verificación periódica y se requiere certificación para revalidar los COLCERs ya emitidos y no se espera un número significativo de nuevos COLCERs).

13.2 Estimación del cambio en las existencias de carbono en los árboles en un año

El cambio en las existencias de carbono en los árboles en un año (cambio anual) entre dos verificaciones sucesivas se estima asumiendo un cambio lineal.

$$\Delta C_{TREE_t} = \frac{C_{TREE,t_2} - C_{TREE,t_1}}{T} * 1 \text{ año} \quad (24)$$

Donde

ΔC_{TREE_t} = Cambio en las existencias de carbono en los árboles dentro de los límites del proyecto en el año t ; toneladas de CO₂e

C_{TREE,t_2} = Reserva de carbono en los árboles dentro de los límites del proyecto en el momento t_2 ; t CO₂e.

Nota. Cuando la estimación de las existencias de carbono en la biomasa de los árboles en el momento t_2 se lleva a cabo mediante la aplicación de diferentes métodos en diferentes estratos, C_{TREE,t_2} se fija igual a la suma de las existencias de carbono en todos los estratos en que se divide el área del proyecto.

C_{TREE,t_1} = Reserva de carbono en los árboles dentro de los límites del proyecto en el momento t_1 ; t CO₂e.

Nota. Cuando la estimación de las existencias de carbono en la biomasa de los árboles en el momento t_2 se lleva a cabo mediante la aplicación de diferentes métodos en diferentes estratos, C_{TREE,t_1} se fija igual a la suma de las existencias de carbono en todos los estratos en que se divide el área del proyecto.

T = Tiempo transcurrido entre dos estimaciones sucesivas ($T=t_2 - t_1$); años

Nota 1. El valor de T no tiene que ser un número entero (p. ej., un intervalo de 4 años y 5 meses implica $T = 4,417$ años)

Nota 2. La estimación del cambio en las existencias de carbono en los árboles por la cobertura de copa proporcional da como resultado una estimación del cambio anual y, por lo tanto, esta ecuación no se aplica con este método.

13.3 Estimación de las existencias de carbono en los árboles en un momento dado

Las reservas de carbono en los árboles en un momento dado se estiman utilizando uno de los siguientes métodos o una combinación de estos:

- a) Estimación por medición de parcelas de muestra
- b) Estimación mediante modelado del crecimiento de árboles y desarrollo de rodales;
- c) Estimación por cobertura de copa proporcionada;
- d) Actualización del stock anterior por medición independiente del cambio.

Cuando la estimación se lleva a cabo mediante los métodos (a), (c) o (d) anteriores, la fecha de la última medición de la parcela de muestreo, o estimación de la cobertura de copa, se considera como la fecha de estimación de las existencias de carbono, incluso si el proceso completo de medición se extiende durante un período de tiempo.

Cuando la estimación de las existencias de carbono en los árboles en un momento determinado del año t se lleve a cabo aplicando diferentes métodos en diferentes estratos, el valor de $\Delta C_{TREE,t}$ se fija como igual a la suma de las reservas de carbono en todos los estratos en que se dividió el área del proyecto.

13.3.1 Estimación por medición de parcelas de muestra

Según este método, la reserva de carbono en los árboles se estima sobre la base de mediciones de parcelas de muestra. Las parcelas de muestreo se instalan en uno o más estratos. Hay dos diseños de muestreo disponibles:

- a) Muestreo aleatorio estratificado
- b) Muestreo doble

13.3.1.1 Muestreo aleatorio estratificado

Según este método, se instalan parcelas de muestreo aleatorio en los estratos (por ejemplo, muestreo sistemático con inicio aleatorio) y se miden.

Las existencias medias de carbono en los árboles dentro de los estratos de estimación de la biomasa arbórea y la incertidumbre asociada se estiman de

la siguiente manera (todas las cantidades dependientes del tiempo se relacionan con el momento de la medición)

$$C_{TREE} = \frac{44}{12} * CF_{TREE} * B_{TREE} \quad (25)$$

$$B_{TREE} = A * b_{TREE} \quad (26)$$

$$B_{TREE} = \sum_{i=1}^M W_i * b_{TREE,i} \quad (27)$$

$$u_{\Delta C} = \frac{t_{V AL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_{\Delta i}^2}{n_i}}}{b_{TREE}} \quad (28)$$

Donde

C_{TREE} = Reserva de carbono en árboles en los estratos de estimación de biomasa arbórea; toneladas de CO₂e.

CF_{TREE} = fracción de carbono de la biomasa arbórea; toneladas de C.

Se utiliza un valor predeterminado de 0,47 a menos que se pueda proporcionar información transparente y verificable para justificar un valor diferente.

B_{TREE} = Biomasa arbórea en los estratos de estimación de biomasa arbórea; ton de materia seca por ha.

A = Suma de áreas de los estratos de estimación de biomasa arbórea; ha.

b_{TREE} = Biomasa arbórea media por hectárea en los estratos de estimación de biomasa arbórea; ton de materia seca por ha.

W_i = Relación del área del estrato i a la suma de áreas de biomasa i. e. $w = A_i/A$; adimensional.

$b_{TREE,i}$ = Biomasa arbórea media por hectárea en el estrato i ; ton de materia seca por ha.

u_C = Incertidumbre en C_{TREE} .

$t_{V AL}$ = Valor t de Student bilateral para un nivel de confianza del 90% y grados de libertad iguales a $n - M$, donde n es el número total de parcelas de muestra dentro de los estratos de estimación de la biomasa arbórea, y M es el número total de estratos de estimación de la biomasa arbórea.

$S_{\Delta i}^2$ = Varianza del cambio medio en la biomasa arbórea por hectárea en el estrato i ; (t d. m. ha⁻¹)².

n_i = Número de parcelas de muestreo en el estrato i .

Se estima la biomasa arbórea media por hectárea en un estrato y la varianza asociada

$$b_{TREE,i} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}}{n_i} \quad (29)$$

$$S_i^2 = \frac{n_i \sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}^2 - (\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i})^2}{n_i(n_i-1)} \quad (30)$$

Donde

$b_{TREE,i}$ = Biomasa arbórea media por hectárea en el estrato i ; ton de materia seca por ha.

$b_{TREE,p,i}$ = Biomasa arbórea por hectárea en la parcela p en el estrato i ; ton de materia seca por ha.

S_i^2 = Varianza de la biomasa arbórea media por hectárea en el estrato i ; (tdm ha⁻¹)²

n_i = Número de parcelas de muestreo, en el estrato i .

Si $u_{\Delta C}$ estimado es superior al 10 por ciento, C_{TREE} se hace conservador aplicando el descuento de incertidumbre de acuerdo con el procedimiento proporcionado en el Apéndice 2 de la AR-TOOL14 del MDL.

La biomasa de árboles por hectárea en una parcela de muestra se estima aplicando uno de los métodos de medición proporcionados en el Apéndice 1 de la AR-TOOL14 del MDL.

13.3.1.2 Muestreo doble

Con este método, se mide una variable secundaria en todas las parcelas de muestra de un estrato y se mide la biomasa de los árboles en un subconjunto de las mismas parcelas de muestra. La biomasa media y su varianza se estiman a partir de los valores de biomasa de parcela medidos en la submuestra y se ajustan mediante la regresión de los valores de biomasa de parcela contra los valores de parcela observados de la variable secundaria en la submuestra.

Este método es aplicable solo si existe una relación lineal entre los valores de biomasa de la parcela y los valores de la parcela de la variable secundaria (es decir, la curva de mejor ajuste es una línea recta) dentro del rango de valores.

Nota. Este método es eficiente cuando la distribución espacial de la biomasa arbórea en el área es muy heterogénea y no muestra 'patrones de bloques' a una escala significativa y, por lo tanto, no permite la delimitación de estratos. El método es más eficiente cuando el costo de obtener los valores de la variable secundaria es bajo en comparación con el costo de medir la biomasa de la parcela, y la correlación entre la variable secundaria y los valores medidos de la biomasa de la parcela es alta.

Las ecuaciones (12) a (15) también se aplican en este método para agregar la media y su varianza sobre los estratos. Sin embargo, para cada estrato en el que se aplica el doble muestreo, se aplican las siguientes ecuaciones en lugar de las Ecuaciones (16) y (17)

$$\Delta b_{TREE,i} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}}{n_i} + \beta * (\bar{X}' - \bar{x}) \quad (31)$$

$$S_i^2 = \frac{n_i * \sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}^2 - (\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i})^2}{n_i * (n_i - 1)} * (1 - (1 - \alpha) * \rho^2) \quad (32)$$

Donde

$\Delta b_{TREE,i}$ = Biomasa arbórea media por hectárea en el estrato i ; t dm ha-1

$b_{TREE,p,i}$ = Biomasa arbórea por hectárea en la parcela p del estrato i ; t dm ha-1

n_i = Número de parcelas de muestreo en la submuestra

β = Pendiente de la línea de regresión de la biomasa arbórea por hectárea en una parcela de muestra contra el valor de la variable secundaria de la parcela

\bar{X}' = Valor medio de la variable secundaria en todas las parcelas de muestra

\bar{x} = Valor medio de la variable secundaria en la submuestra de parcelas de muestra en las que también se mide la biomasa de los árboles

S_i^2 = Varianza de la biomasa arbórea media por hectárea en el estrato i

α = Relación entre el número de parcelas de muestra en la submuestra y el número de parcelas muestrales en la muestra ($\alpha < 1$)

ρ = Coeficiente de correlación entre la variable secundaria y la biomasa arbórea por hectárea en una parcela de muestreo, estimado en todas las parcelas de muestreo de la submuestra

La biomasa de árboles por hectárea en una parcela de muestra se estima aplicando uno de los métodos de medición proporcionados en el Apéndice 1 de la AR-TOOL14 del MDL

Si u_c estimado es superior al 10 por ciento, C_{TREE} se hace conservador aplicando el descuento de incertidumbre de acuerdo con el procedimiento proporcionado en el Apéndice 2 de la AR-TOOL14 del MDL.

13.4 Estimación mediante modelización del crecimiento de los árboles y el desarrollo de los rodales

Este método se utiliza para la estimación ex ante (proyección) de las existencias de carbono en la biomasa de los árboles. Con este método, los datos existentes se utilizan en combinación con modelos de crecimiento de árboles para predecir el crecimiento de los árboles y el desarrollo de la masa arbórea a lo largo del tiempo.

La estimación ex ante (proyección) de las existencias de carbono en la biomasa arbórea no está sujeta a control de incertidumbre, aunque los participantes del proyecto deben utilizar los mejores datos y modelos disponibles que se apliquen al sitio del proyecto y a las especies arbóreas.

13.4.1 Estimación por cobertura de copa proporcional

Este método es aplicable solo para la estimación de las existencias de carbono antes del proyecto en la biomasa de los árboles en la línea de base cuando la cobertura media de copas de árboles antes del proyecto es inferior al 20 por ciento del umbral de cobertura de copas de árboles notificado por la Parte anfitriona en virtud del párrafo 8 del anexo de la decisión 5/CMP.1.

Las existencias de carbono en los árboles se estiman sobre la base de la cubierta de copas de los árboles en el momento del inicio del proyecto (la cubierta de copas de los árboles antes del proyecto). El área dentro de los límites del proyecto está estratificada por la cobertura de copas de árboles antes del proyecto.

La reserva de carbono en la biomasa de los árboles se estima de la siguiente manera:

$$C_{TREE_BSL} = \sum_{i=1}^M C_{TREE_BSL,i} \quad (33)$$

$$C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C_{F_{TREE}} * b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C_{TREE_BSL,i} * A_i \quad (34)$$

Donde

C_{TREE_BSL} = Reserva de carbono en la biomasa de árboles antes del proyecto; t de CO₂e.

$C_{TREE_BSL,i}$ = Reserva de carbono en la biomasa arbórea previa al proyecto en el estrato i; t de CO₂e.

$C_{F_{TREE}}$ = Fracción de carbono de la biomasa arbórea.

Se utiliza un valor predeterminado de 0,47 t de materia seca por ha.

b_{FOREST} = Biomasa aérea media en los bosques de la región o país donde se ubica el proyecto, t de materia seca por ha.

Se utilizan los valores de la Tabla 3A.1.4 de IPCC GPG-LULUCF 2003 a menos que se pueda proporcionar información transparente y verificable para justificar valores diferentes

R_{TREE} = Relación raíz-brote para árboles en la línea de base; adimensional

Se utiliza un valor predeterminado de 0,25 a menos que se pueda proporcionar información transparente y verificable para justificar un valor diferente.

$CC_{TREE_BSL,i}$ = Cobertura de copa de árboles en el estrato base i , al inicio del proyecto expresada como una fracción (por ejemplo, 10 por ciento de cobertura de copa implica = 0,10); adimensional

A_i = Área del estrato de línea base i , delineada sobre la base de la cobertura de copas de árboles al inicio de la actividad del proyecto, ha.

13.4.2 Actualización del stock anterior por estimación directa del cambio

Según este método, la nueva reserva de carbono en los árboles se obtiene sumando el cambio en la reserva de carbono en los árboles estimado mediante la nueva medición de las parcelas (consulte la sección 6.2) a la reserva de carbono estimada en la verificación anterior.

$$C_{TREE,t_2} = C_{TREE,t_1} - \Delta C_{TREE} \quad (35)$$

$$u_2 = \frac{\sqrt{(u_1 * C_{TREE,t_1})^2 + (u_{\Delta C} - \Delta C_{TREE})^2}}{C_{TREE,t_2}} \quad (36)$$

C_{TREE,t_2} = Reserva de carbono en los árboles en el tiempo t_2 ; ton de CO₂e

C_{TREE,t_1} = Reserva de carbono en los árboles estimada en el tiempo t_1 ; ton de CO₂e

Nota. Incluso si C_{TREE,t_1} se hizo conservador en el momento de la previa verificación, es el valor estimado (sin descontar) del que aquí se utiliza

ΔC_{TREE} = Cambio en las existencias de carbono en los árboles durante el período entre los tiempos t_1 y t_2 ; toneladas de CO₂e

$u_{\Delta C}$ = Incertidumbre en ΔC_{TREE}

u_1, u_2 = Incertidumbre en C_{TREE,t_1} y C_{TREE,t_2} respectivamente

Si estimado a partir de la Ecuación (23) es superior al 10 por ciento, se hace conservador aplicando el descuento de incertidumbre de acuerdo con el procedimiento proporcionado en el Apéndice 2 de la AR-TOOL14 del MDL.

14. PLAN DE MONITOREO

El proponente del PMGEI debe monitorear de forma anual las actividades que se implementan en la iniciativa REDD+ de manera inmediata después de la fecha de inicio del proyecto con el fin de realizar un seguimiento adecuado a las reducciones y/o remociones de GEI que se obtienen por la ejecución de sus actividades y no por agentes o causas externas en el periodo vitalicio, el comportamiento y control de los agentes y causas de deforestación/degradación y cumplimiento de las salvaguardas.

Adicional a las medidas identificadas para monitorear el carbono es necesario que se haga monitoreo de los atributos ecosistémicos. Para esto se partirá de la medición de los indicadores ecológicos generados a partir de los diferentes métodos de medición. Los indicadores que se generaran deben tener en cuenta la metodología SMART²⁰, con el fin de lograr un adecuado monitoreo de estos. La ruta para identificar los indicadores y poder formularlos se muestra a continuación:

14.1.1 Identificación de las características ecológicas según los atributos ecosistémicos

Una vez realizado el inventario forestal por cada tipo de bosque degradado respecto a su historia de disturbio, se debe hacer una descripción general de la estructura, composición en función de los servicios ecosistémicos de regulación y soporte que este presta como muestra la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de los servicios ecosistémicos según los atributos de los ecosistemas para esta metodología.

²⁰ Doran, G. T. (1981). "There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives". *Management Review*. 70 (11): 35–36.

| Tipo | Atributo del ecosistema | Servicio ecosistémico |
|-------------------|-------------------------|---|
| Regulación | Estructura vegetal | Control de la erosión Calidad del agua Captura de carbono (CO ₂) Polinización, control biológico |
| Soporte | Composición | Productividad primaria Mantenimiento de hábitats y biodiversidad |

14.1.2 Identificación de indicadores biofísicos para la evaluación de los servicios ecosistémicos

Una vez realizado el inventario forestal por cada tipo de bosque degradado respecto a su historia de disturbio, se debe hacer una descripción general de la estructura, composición en función de los servicios ecosistémicos de regulación y soporte que este presta como muestra la Tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de los servicios ecosistémicos según los atributos de los ecosistemas para esta metodología.

| Atributo del ecosistema | Servicio ecosistémico | Indicador |
|-------------------------|---|--|
| Estructura vegetal | Control de la erosión Calidad del agua | Cobertura vegetal, Cantidad de estratos |
| | Captura de carbono (CO ₂) Productividad primaria | Volumen de biomasa. |
| Composición | Polinización, control biológico... Mantenimiento de hábitats y biodiversidad | Diversidad y riqueza de flora y fauna. |
| | Flujo y reciclaje de nutrientes | Estado físico y biológico del suelo. |

Una vez identificados los servicios ecosistémicos y los indicadores a utilizar, se procede a realizar la formulación de los cuantificadores y métodos de medición, esto se muestra a forma de ejemplo en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de los servicios ecosistémicos según los atributos de los ecosistemas para esta metodología.

| Indicador | Cuantificador | Método de medición |
|--------------------------------------|---|--|
| Cobertura vegetal, | $\%Cob = \left(\frac{CobArb}{CobTot} \right) * 100 (37)$ | Inventario forestal Fotografías satelitales |
| Estratos vegetales | Número de estratos vegetales Indicador de Predominio (IPF) Indicador Índice de Valor de Importancia (IVI) | Inventario forestal |
| Volumen de biomasa. | $BA = \exp (-1.544 + 2.37 \ln (D))^{21}$ (38) | Inventario forestal |
| Diversidad de flora y fauna. | Indicador de Shannon-Wiener, Simpson... | Inventarios forestales y de biodiversidad |
| Riqueza de flora y fauna | Cantidad de especies | Inventarios forestales y de biodiversidad |
| Hábitat de especies en peligro | $\%PFA = \left[\left(\frac{Af}{Ao} \right) \right] * 100 (39)$ | Inventarios forestales y de biodiversidad |
| Estado físico y biológico del suelo. | Compactación del suelo | Estudio de suelos |

En donde:

$\%Cob$: porcentaje de cobertura arbórea

$CobArb$: cobertura arbórea

²¹ YEPES, A. P., et al. Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa-carbono en Colombia. IDEAM. Bogotá, Colombia, 2011.

CobTot: cobertura total

BA: biomasa aérea

D: Diámetro a la Altura del Pecho el cual es medido a 1,30m del suelo

%PFA: Porcentaje de área efectiva de la especie x

Af: Área efectiva de la especie x en el momento final

Ao: Área efectiva de la especie x en el momento inicial

Datos y parámetros para monitorear

| | |
|--|--|
| Datos/Parámetro | Área |
| Unidad de medida | Hectáreas (ha). |
| Descripción | Área de bosque permanente |
| Fuente de la información | Señalar de donde se obtendrá la información. |
| Valores aplicados | |
| Elección de datos o métodos y procedimientos de medición | Mostrar formulas o apartados del documento donde se presentan estos procedimientos |
| Propósito de la información | Monitoreo de los límites del proyecto. |
| Actividades de control y aseguramiento de la calidad | |
| Información adicional | |

En el anterior cuadro se muestran los criterios mínimos que debe incluir el desarrollador de acuerdo con las variables obligatorias que se muestran en la **Tabla 6** Resumen de las variables aplicables al proyecto en la anterior tabla.

Se deberá establecer un plan de monitoreo propuesto por el desarrollador donde se incluya una descripción técnica del seguimiento, datos a recolectar, descripción de cómo se recolectarán los datos, procedimientos que aseguren la gestión y calidad de la información. Para asegurar la trazabilidad del PMGEI, toda la información utilizada, calculada y realizada ya sea por el desarrollador u obtenida como referencia debe ser documentada y archivada hasta durante la vida vitalicia del PMGEI dejándose bajo responsabilidad del proponente.

15. SALVAGUARDAS REDD+

Aplican las consideraciones de la metodología marco.

16. INCERTIDUMBRE

Aplican las consideraciones de la metodología marco.

17. RIESGOS DE NO PERMANENCIA

Aplican las consideraciones de la metodología marco.

18. ODS

Aplican las consideraciones de la metodología marco.

Tabla 6 Resumen de las variables aplicables al proyecto

| Variable | Descripción | Apartados donde se menciona | Formulas en las que se utiliza | Unidades | Fuente | Monitoreo |
|---------------------------|--|-----------------------------|---|-----------------------|------------|--|
| <i>ECH4eq</i> | Factor de emisión de CH ₄ por estrato i quemado | 10. Fuentes De Emisión. | $ECH4eq_i = ECO2eq_i * \frac{11}{44} * RMCH4 * TCH4$ (40) | Mg CO ₂ eq | Calculado | Opcional, solo si el CH ₄ es significativo |
| <i>ECO2eq_i</i> | Factor de emisión del estrato i. | 10. Fuentes De Emisión. | $ECH4eq_i = ECO2eq_i * \frac{11}{44} * RMCH4 * TCH4$ (41) $ENO2eq_i = ECO2eq_i * \frac{11}{44} * RMNO2 * TCNO24 * NC$ (42) $ECO2eq_i = (\Delta BA_i + \Delta BS_i + \Delta LIT_i + \Delta MM_i + \Delta COS_{20i})$ (43) $CO2APBARC_{i,t} = (APBARC_{fi}) * ECO2eq_i$ (44) | Mg CO ₂ | Calculado | Obligatorio |
| RMCH4: | Constante de relación molecular de metano y carbono dado por 16/12. | 10. Fuentes De Emisión. | $ECH4eq_i = ECO2eq_i * \frac{11}{44} * RMCH4 * TCH4$ (45) | - | Referencia | N/A |
| TCH4: | Tasa de emisión de metano 0,012. | 10. Fuentes De Emisión. | $ECH4eq_i = ECO2eq_i * \frac{11}{44} * RMCH4 * TCH4$ (46) | Mg CO ₂ eq | Referencia | N/A |
| <i>ENO2eq_i</i> | Factor de emisión de NO ₂ del estrato i quemado | 10. Fuentes De Emisión. | $ENO2eq_i = ECO2eq_i * \frac{11}{44} * RMNO2 * TCNO24 * NC$ (47) | Mg CO ₂ eq | Calculado | Opcional, solo si el CH ₄ o el NO ₂ son significativos |
| RMNO2 | Constante de relación molecular de dióxido de nitrógeno y nitrógeno. | 10. Fuentes De Emisión. | $ENO2eq_i = ECO2eq_i * \frac{11}{44} * RMNO2 * TCNO24 * NC$ (48) | - | Referencia | N/A |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|--|-------------------------|--|-----------------------|------------|-------------|
| TCNO24 | Tasa de emisión de metano 0,007. | 10. Fuentes De Emisión. | $ENO2eq_i = ECO2eq_i * \frac{11}{44} * RMNO2 * TCNO24 * NC$ (49) | Mg CO ₂ eq | Referencia | N/A |
| NC | Relación nitrógeno carbono 0,01. | 10. Fuentes De Emisión. | $ENO2eq_i = ECO2eq_i * \frac{11}{44} * RMNO2 * TCNO24 * NC$ (50) | - | Referencia | N/A |
| n | Número de parcelas requeridas en el muestreo para estimar la biomasa acumulada. | 11. Línea Base. | $n = \frac{t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2}{E\%^2 + \frac{(t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2)}{N}}$ (51) | - | Calculado | Obligatorio |
| N | Número máximo total de parcelas posibles a muestrear en toda el área. | 11. Línea Base. | $n = \frac{t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2}{E\%^2 + \frac{(t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2)}{N}}$ (52) | - | Calculado | Obligatorio |
| t_{2m-1}² | Valor de la tabla t-student de doble vía, con la precisión (confianza) y grados de | 11. Línea Base. | $n = \frac{t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2}{E\%^2 + \frac{(t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2)}{N}}$ (53) | - | Referencia | N/A |

| | | | | | | |
|---------------|--|-----------------|---|------------------------------------|-----------------|-------------|
| | libertad requeridos. | | | | | |
| P_j | Peso relativo, del área del estrato j con respecto del área total, área del estrato j dividido en el área del proyecto | 11. Línea Base. | $n = \frac{t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2}{E\%{}^2 + \frac{(t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2)}{N}} \quad (54)$ | - | Calculado | N/A |
| m | Número total de estratos generados. | 11. Línea Base. | $n = \frac{t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2}{E\%{}^2 + \frac{(t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2)}{N}} \quad (55)$ | - | Datos monitoreo | N/A |
| S_j | Desviación estándar estimada, de la biomasa acumulada en el estrato j. | 11. Línea Base. | $n = \frac{t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2}{E\%{}^2 + \frac{(t_{2m-1}^2 \times \sum_{j=1}^m P_j S_j^2)}{N}} \quad (56)$ | ton biomasa/ha | Calculado | N/A |
| ΔBA_i | Factor de remoción o emisión del reservorio de biomasa aérea en términos de | 11. Línea Base. | $\Delta BA_i = (BA_{t1} - BA_{t2}) * RM * FC \quad (57)$ $ECO2eq_i = (\Delta BA_i + \Delta BS_i + \Delta LIT_i + \Delta MM_i + \Delta COS_{20i}) \quad (58)$ | Mg de CO ₂ por hectárea | Calculado | Obligatorio |

| | | | | | | |
|------------------------|--|-----------------|---|----------------------------|-----------------|-------------|
| | Mg de CO ₂ por hectárea del estrato i. | | | | | |
| BA_{t1} | Biomasa área en el tiempo inicial en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato i. | 11. Línea Base. | $\Delta BA_i = (BA_{t1} - BA_{t2}) * RM * FC$ (59) | Mg de biomasa por hectárea | Datos monitoreo | Obligatorio |
| BA_{t2} | Biomasa área en el tiempo final en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato i. | 11. Línea Base. | $\Delta BA_i = (BA_{t1} - BA_{t2}) * RM * FC$ (60) | Mg de biomasa por hectárea | Datos monitoreo | Obligatorio |
| RM | Constante de relación molecular de dióxido de carbono y carbono dado por 44/12. | 11. Línea Base. | $\Delta BA_i = (BA_{t1} - BA_{t2}) * RM * FC$ (61) $\Delta BS_i = (BS_{t1} - BS_{t2}) * RM * FC$ (62) $\Delta MM_i = (MM_{t1} - MM_{t2}) * RM * FC$ (63) $\Delta LIT_i = (LIT_{t1} - LIT_{t2}) * RM * FC$ (64) $\Delta COS_{20i} = \frac{(COS_{t1} - COS_{t2})}{20} * RM * FC$ (65) | - | Referencia | N/A |
| FC | Constante de relación de carbono en biomasa, se recomienda un valor de 0,45, el | 11. Línea Base. | $\Delta BA_i = (BA_{t1} - BA_{t2}) * RM * FC$ (66) $\Delta BS_i = (BS_{t1} - BS_{t2}) * RM * FC$ (67) $\Delta MM_i = (MM_{t1} - MM_{t2}) * RM * FC$ (68) $\Delta LIT_i = (LIT_{t1} - LIT_{t2}) * RM * FC$ (69) $\Delta COS_{20i} = \frac{(COS_{t1} - COS_{t2})}{20} * RM * FC$ (70) | - | Referencia | N/A |

| | | | | | | |
|---------------|---|-----------------|--|------------------------------------|-----------------|---------------------------|
| | del Nref, o un valor que se ajuste al área del proyecto. | | | | | |
| ΔBS_i | Factor de remoción o emisión del reservorio de biomasa subterránea en términos de Mg de CO ₂ por hectárea del estrato i. | 11. Línea Base. | $\Delta BS_i = (BS_{t1} - BS_{t2}) * RM * FC \quad (71)$ $ECO2eq_i = (\Delta BA_i + \Delta BS_i + \Delta LIT_i + \Delta MM_i + \Delta COS_{20i}) \quad (72)$ | Mg de CO ₂ por hectárea | Calculado | Obligatorio si se incluye |
| BS_{t1} | : Biomasa subterránea en el tiempo inicial en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato i. | 11. Línea Base. | $\Delta BS_i = (BS_{t1} - BS_{t2}) * RM * FC \quad (73)$ | Mg de biomasa por hectárea | Datos monitoreo | Obligatorio si se incluye |
| BS_{t2} | Biomasa subterránea en el tiempo final en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato i. | 11. Línea Base. | $\Delta BS_i = (BS_{t1} - BS_{t2}) * RM * FC \quad (74)$ | Mg de biomasa por hectárea | Datos monitoreo | Obligatorio si se incluye |

| | | | | | | |
|----------------|--|-----------------|---|------------------------------------|-----------------|---------------------------|
| ΔMM_i | Factor de remoción o emisión del reservorio de biomasa muerta en términos de Mg de CO ₂ por hectárea del estrato i. | 11. Línea Base. | $\Delta MM_i = (MM_{t1} - MM_{t2}) * RM * FC \text{ (75)}$ $ECO2eq_i = (\Delta BA_i + \Delta BS_i + \Delta LIT_i + \Delta MM_i + \Delta COS_{20i}) \text{ (76)}$ | Mg de CO ₂ por hectárea | Calculado | Obligatorio si se incluye |
| MM_{t1} | : Biomasa muerta en el tiempo inicial en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato i. | 11. Línea Base. | $\Delta MM_i = (MM_{t1} - MM_{t2}) * RM * FC \text{ (77)}$ | Mg de biomasa por hectárea | Datos monitoreo | Obligatorio si se incluye |
| MM_{t2} | Biomasa muerta en el tiempo final en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato i. | 11. Línea Base. | $\Delta MM_i = (MM_{t1} - MM_{t2}) * RM * FC \text{ (78)}$ | Mg de biomasa por hectárea | Datos monitoreo | Obligatorio si se incluye |
| ΔLIT_i | Factor de remoción o emisión del reservorio de hojarasca en términos de Mg de CO ₂ por | 11. Línea Base. | $\Delta LIT_i = (LIT_{t1} - LIT_{t2}) * RM * FC \text{ (79)}$ $ECO2eq_i = (\Delta BA_i + \Delta BS_i + \Delta LIT_i + \Delta MM_i + \Delta COS_{20i}) \text{ (80)}$ | Mg de CO ₂ por hectárea | Calculado | Obligatorio si se incluye |

| | | | | | | |
|--------------------|--|-----------------|--|------------------------------------|-----------------|---------------------------|
| | hectárea del estrato i. | | | | | |
| LIT_{t1} | Hojarasca en el tiempo inicial en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato i. | 11. Línea Base. | $\Delta LIT_i = (LIT_{t1} - LIT_{t2}) * RM * FC$ (81) | Mg de biomasa por hectárea | Datos monitoreo | Obligatorio si se incluye |
| LIT_{t2} | Hojarasca en el tiempo final en términos de Mg de biomasa por hectárea del estrato i. | 11. Línea Base. | $\Delta LIT_i = (LIT_{t1} - LIT_{t2}) * RM * FC$ (82) | Mg de biomasa por hectárea | Datos monitoreo | Obligatorio si se incluye |
| ΔCOS_{20i} | Factor de remoción o emisión del reservorio de carbono orgánico en el suelo en términos de Mg de CO ₂ por hectárea del estrato i. | 11. Línea Base. | $\Delta COS_{20i} = \frac{(COS_{t1} - COS_{t2})}{20} * RM * FC$ (83) $ECO2eq_i = (\Delta BA_i + \Delta BS_i + \Delta LIT_i + \Delta MM_i + \Delta COS_{20i})$ (84) | Mg de CO ₂ por hectárea | Calculado | Obligatorio si se incluye |

| | | | | | | |
|-------------------|---|-------------------------------|--|----------------------------|-----------------|---------------------------|
| ΔCOS_{t1} | Carbono orgánico en el suelo en el tiempo inicial en términos de Mg carbono por hectárea del estrato i. | 11. Línea Base. | $\Delta COS_{20i} = \frac{(COS_{t1} - COS_{t2})}{20} * RM * FC \text{ (85)}$ | Mg de biomasa por hectárea | Datos monitoreo | Obligatorio si se incluye |
| ΔCOS_{t2} | Carbono orgánico en el suelo en el tiempo final en términos de Mg de carbono por hectárea del estrato i. | 11. Línea Base. | $\Delta COS_{20i} = \frac{(COS_{t1} - COS_{t2})}{20} * RM * FC \text{ (86)}$ | Mg de biomasa por hectárea | Datos monitoreo | Obligatorio si se incluye |
| $CO2APBARC_{i,t}$ | Aumento en las remociones de CO ₂ equivalente de bosque degradado del estrato i en el año t, del área de proyecto. | 14. Escenario de Formulación. | $CO2APBARC_{i,t} = (APBARC_{fi}) * ECO2eq_i \text{ (87)}$ $\Delta CP_{T,t} = \sum CO2APBARC_{i,t} \text{ (88)}$ | Mg CO ₂ eq | Calculado | Obligatorio |
| $\Delta CP_{T,t}$ | Remociones totales de CO ₂ equivalente de bosque degradado del estrato i en el año t, del área de proyecto. | 14. Escenario de Formulación. | $\Delta CP_{T,t} = \sum CO2APBARC_{i,t} \text{ (89)}$ $\Delta ARC_{ACTUAL,t} = \Delta CP_{T,t} (1 - Ef) - GEI_{E,t} \text{ (90)}$ $\Delta ARC_{ACTUAL,t} = \Delta CP_{T,t} - GEI_{E,t} \text{ (91)}$ | Mg CO ₂ eq | Calculado | Obligatorio |

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------------|---|--------------------|-----------------|-------------|
| $APBARCf_i$ | Área del estrato de bosque degradado <i>i</i> en la fecha de inicio del PMGEI, en hectáreas. | 14. Escenario de Formulación. | $CO2APBARC_{i,t} = (APBARCf_i) * ECO2eq_i$ (92) | Hectáreas | Datos monitoreo | Obligatorio |
| $\Delta ARC_{ACTUAL,t}$ | Son las remociones netas de CO ₂ proyectadas, por los sumideros al año <i>t</i> , los cambios en los stocks de carbono | 14. Escenario de Formulación. | $\Delta ARC_{ACTUAL,t} = \Delta CP_{T,t}(1 - Ef) - GEI_{E,t}$ (93) $COLCERSDef_t = (\Delta ARC_{ACTUAL,t} * FDefco) - (\Delta ARC_{ACTUAL,t} * FDefco) * RNP$ (94) $\Delta ARC_{ACTUAL,t} = \Delta CP_{T,t} - GEI_{E,t}$ (95) | tCO ₂ e | Calculado | Obligatorio |
| $GEI_{E,t}$ | Son las emisiones de GEI diferentes de CO ₂ , expresadas en CO ₂ e a través del PCG correspondiente, que se presentan dentro del área del proyecto y en cercanías de su área limítrofe no mayor a 3 metros externos | 14. Escenario de Formulación. | $\Delta ARC_{ACTUAL,t} = \Delta CP_{T,t}(1 - Ef) - GEI_{E,t}$ (96) $\Delta ARC_{ACTUAL,t} = \Delta CP_{T,t} - GEI_{E,t}$ (97) | t | | Obligatorio |

| | | | | | | |
|-------------------------------|--|-------------------------------|--|---|-----------|-----|
| Ef | Coeficiente de eficiencia del proyecto. | 14. Escenario de Formulación. | $\Delta ARC_{ACTUAL,t} = \Delta CP_{T,t}(1 - Ef) - GEI_{E,t}$ (98) | - | Calculado | N/A |
| COLCERSDef_t | certificados de COLCX de línea base que son atribuibles a las actividades de deforestación evitada. | 14. Escenario de Formulación. | $COLCERSDef_t$ $= (\Delta ARC_{ACTUAL,t} * FDefco)$ $- (\Delta ARC_{ACTUAL,t} * FDefco)$ $* RNP \text{ (99)}$ | - | Calculado | |
| RNP | Riesgo de no permanencia | 14. Escenario de Formulación. | $COLCERSDef_t$ $= (\Delta ARC_{ACTUAL,t} * FDefco)$ $- (\Delta ARC_{ACTUAL,t} * FDefco)$ $* RNP \text{ (100)}$ | - | Calculado | N/A |
| FDefco | Factor de corrección para la medición de emisiones por deforestación, estos aparecen en el apartado 18 de la metodología marco | 14. Escenario de Formulación. | $COLCERSDef_t$ $= (\Delta ARC_{ACTUAL,t} * FDefco)$ $- (\Delta ARC_{ACTUAL,t} * FDefco)$ $* RNP \text{ (101)}$ | - | Calculado | N/A |

| | | | | | | |
|-------------------|---|---------------------------------|--|------------|-----------------|-------------|
| ΔC_{TREE} | Cambio en las existencias de carbono en los árboles durante el período entre dos puntos de tiempo t1 y t2 | 13. Escenario de Implementación | $\Delta C_{TREE} = C_{TREE,t_1} - C_{TREE,t_1} \quad (102)$ $u_{\Delta C} = \frac{\sqrt{(u_1 * C_{TREE,t_1})^2 + (u_2 - C_{TREE,t_1})^2}}{ \Delta C_{TREE} } \quad (103)$ $\Delta C_{TREE} = \frac{11}{44} * CF_{TREE} * \Delta B_{TREE} \quad (104)$ $C_{TREE,t_2} = C_{TREE,t_1} - \Delta C_{TREE} \quad (105)$ $u_2 = \frac{\sqrt{(u_1 * C_{TREE,t_1})^2 + (u_{\Delta C} - \Delta C_{TREE})^2}}{C_{TREE,t_2}} \quad (106)$ | $t CO_2eq$ | Calculado | Obligatorio |
| C_{TREE,t_1} | Reserva de carbono en los árboles estimada en el tiempo t1 | 13. Escenario de Implementación | $\Delta C_{TREE} = C_{TREE,t_1} - C_{TREE,t_1} \quad (107)$ $u_{\Delta C} = \frac{\sqrt{(u_1 * C_{TREE,t_1})^2 + (u_2 - C_{TREE,t_1})^2}}{ \Delta C_{TREE} } \quad (108)$ $\Delta C_{TREE_t} = \frac{C_{TREE,t_2} - C_{TREE,t_1}}{T} * 1año \quad (109)$ $C_{TREE,t_2} = C_{TREE,t_1} - \Delta C_{TREE} \quad (110)$ $u_2 = \frac{\sqrt{(u_1 * C_{TREE,t_1})^2 + (u_{\Delta C} - \Delta C_{TREE})^2}}{C_{TREE,t_2}} \quad (111)$ | $t CO_2eq$ | Datos monitoreo | Obligatorio |
| C_{TREE,t_2} | Reserva de carbono en los árboles estimada en el tiempo t2 | 13. Escenario de Implementación | $\Delta C_{TREE} = C_{TREE,t_1} - C_{TREE,t_1} \quad (112)$ $u_{\Delta C} = \frac{\sqrt{(u_1 * C_{TREE,t_1})^2 + (u_2 - C_{TREE,t_1})^2}}{ \Delta C_{TREE} } \quad (113)$ $\Delta C_{TREE_t} = \frac{C_{TREE,t_2} - C_{TREE,t_1}}{T} * 1año \quad (114)$ $C_{TREE,t_2} = C_{TREE,t_1} - \Delta C_{TREE} \quad (115)$ | $t CO_2eq$ | Datos monitoreo | Obligatorio |

| | | | | | | |
|----------------|--|---------------------------------|---|----------|------------|-------------|
| | | | $u_2 = \frac{\sqrt{(u_1 * C_{TREE,t_1})^2 + (u_{\Delta C} - \Delta C_{TREE})^2}}{C_{TREE,t_2}} \quad (116)$ | | | |
| $u_{\Delta C}$ | Incertidumbre en ΔC_{TREE} | 13. Escenario de Implementación | $u_{\Delta C} = \frac{\sqrt{(u_1 * C_{TREE,t_1})^2 + (u_2 - C_{TREE,t_1})^2}}{ \Delta C_{TREE} } \quad (117)$ $u_2 = \frac{\sqrt{(u_1 * C_{TREE,t_1})^2 + (u_{\Delta C} - \Delta C_{TREE})^2}}{C_{TREE,t_2}} \quad (118)$ | - | Calculado | N/A |
| u_1, u_2 | Incertidumbres en $C_{TREE,t_1}, C_{TREE,t_1}$ respectivamente | 13. Escenario de Implementación | $u_{\Delta C} = \frac{\sqrt{(u_1 * C_{TREE,t_1})^2 + (u_2 - C_{TREE,t_1})^2}}{ \Delta C_{TREE} } \quad (119)$ $u_2 = \frac{\sqrt{(u_1 * C_{TREE,t_1})^2 + (u_{\Delta C} - \Delta C_{TREE})^2}}{C_{TREE,t_2}} \quad (120)$ | - | Calculado | N/A |
| CF_{TREE} | Fracción de carbono de la biomasa arbórea | 13. Escenario de Implementación | $\Delta C_{TREE} = \frac{11}{44} * CF_{TREE} * \Delta B_{TREE} \quad (121)$ $x \Delta C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * CF_{TREE} * \Delta b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C_{TREE_BSL,i} * A_i \quad (122)$ $C_{TREE} = \frac{44}{12} * CF_{TREE} * B_{TREE} \quad (123)$ $C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * CF_{TREE} * b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C_{TREE_BSL,i} * A_i \quad (124)$ | $t CO_2$ | Referencia | Obligatorio |

| | | | | | | |
|-------------------|--|---------------------------------|--|--------------------------------|-----------|-------------|
| ΔB_{TREE} | Cambio en la biomasa de árboles dentro de los estratos de estimación de biomasa | 13. Escenario de Implementación | $\Delta C_{TREE} = \frac{11}{44} * CF_{TREE} * \Delta B_{TREE} \quad (125)$ $\Delta B_{TREE} = A * \Delta b_{TREE} \quad (126)$ | <i>t d. m. ha⁻¹</i> | Calculado | Obligatorio |
| A | Suma de áreas de los estratos de estimación de biomasa | 13. Escenario de Implementación | $\Delta B_{TREE} = A * \Delta b_{TREE} \quad (127)$ $B_{TREE} = A * b_{TREE}$ | ha | Calculado | N/A |
| Δb_{TREE} | Cambio medio en la biomasa de árboles por hectárea dentro de los estratos de estimación de biomasa | 13. Escenario de Implementación | $\Delta B_{TREE} = A * \Delta b_{TREE} \quad (128)$ $\Delta b_{TREE} = \sum_{i=1}^M W_i * \Delta b_{TREE,i} \quad (129)$ $u_{\Delta C} = \frac{t_{VAL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_{\Delta i}^2}{n_i}}}{ \Delta b_{TREE} } \quad (130)$ | <i>t d. m. ha⁻¹</i> | Calculado | Obligatorio |
| W_i | Relación del área del estrato i a la suma de áreas de biomasa i. e. w = A _i /A | 13. Escenario de Implementación | $\Delta b_{TREE} = \sum_{i=1}^M W_i * \Delta b_{TREE,i} \quad (131)$ $B_{TREE} = \sum_{i=1}^M W_i * b_{TREE,i} \quad (132)$ $u_{\Delta C} = \frac{t_{VAL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_{\Delta i}^2}{n_i}}}{ \Delta b_{TREE} } \quad (133)$ $u_C = \frac{t_{VAL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_i^2}{n_i}}}{b_{TREE}} \quad (134)$ | - | Calculado | N/A |

| | | | | | | |
|---------------------|---|---------------------------------|--|--------------------------------|------------|-------------|
| $\Delta b_{TREE,i}$ | Cambio medio en las existencias de carbono por hectárea en la biomasa de los árboles en estrato i | 13. Escenario de Implementación | $\Delta b_{TREE} = \sum_{i=1}^M W_i * \Delta b_{TREE,i} \quad (135)$ | <i>t d. m. ha⁻¹</i> | Calculado | Obligatorio |
| $u_{\Delta C}$ | Incertidumbre en ΔC_{TREE} | 13. Escenario de Implementación | $u_{\Delta C} = \frac{t_{VAL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_{\Delta,i}^2}{n_i}}}{ \Delta b_{TREE} } \quad (136)$ | - | Calculado | N/A |
| t_{VAL} | Valor t de Student bilateral para un nivel de confianza del 90% y grados de libertad iguales a n - M, donde n es el número total de parcelas de muestra dentro de los estratos de estimación de la biomasa arbórea, y M es el número total de estratos de estimación de la biomasa arbórea. | 13. Escenario de Implementación | $u_{\Delta C} = \frac{t_{VAL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_{\Delta,i}^2}{n_i}}}{ \Delta b_{TREE} } \quad (137)$ $u_C = \frac{t_{VAL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_i^2}{n_i}}}{b_{TREE}} \quad (138)$ | - | Referencia | N/A |

| | | | | | | |
|--------------------------|--|---------------------------------|--|--|-----------------|-------------|
| $S_{\Delta,i}^2$ | Varianza del cambio medio en la biomasa arbórea por hectárea en el estrato i | 13. Escenario de Implementación | $u_{\Delta C} = \frac{t_{V AL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_{\Delta,i}^2}{n_i}}}{ \Delta b_{TREE} } \quad (139)$ | <i>t d. m. ha⁻¹</i> | Calculado | N/A |
| n_i | Número de parcelas de muestreo, en el estrato i, en las que se volvió a medir la biomasa arbórea | 13. Escenario de Implementación | $u_{\Delta C} = \frac{t_{V AL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_{\Delta,i}^2}{n_i}}}{ \Delta b_{TREE} } \quad (140)$ $u_C = \frac{t_{V AL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_i^2}{n_i}}}{b_{TREE}} \quad (141)$ | - | Datos monitoreo | Obligatorio |
| ΔC_{TREE_BSL} | Cambio medio anual en las existencias de carbono en los árboles en la línea de base | 13. Escenario de Implementación | $\Delta C_{TREE_BSL} = \sum_{i=1}^M \Delta C_{TREE_BSL,i} \quad (142)$ $\Delta C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C F_{TREE} * \Delta b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C C_{TREE_BSL,i} * A_i \quad (143)$ | <i>tCO₂e año⁻¹</i> | Calculado | Obligatorio |
| $\Delta C_{TREE_BSL,i}$ | Cambio medio anual en las existencias de carbono en los árboles en la línea de base, en el estrato i de la línea de base | 13. Escenario de Implementación | $\Delta C_{TREE_BSL} = \sum_{i=1}^M \Delta C_{TREE_BSL,i} \quad (144)$ $\Delta C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C F_{TREE} * \Delta b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C C_{TREE_BSL,i} * A_i \quad (145)$ | <i>tCO₂e año⁻¹</i> | Calculado | Obligatorio |

| | | | | | | |
|-----------------------|---|---------------------------------|--|----------------------------|-----------|-------------|
| Δb_{FOREST} | Incremento anual medio por defecto de la biomasa aérea en el bosque en la región o país donde se ubica la actividad del proyecto | 13. Escenario de Implementación | $\Delta C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C_{F_{TREE}} * \Delta b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C_{C_{TREE_BSL},i} * A_i \text{ (146)}$ | $t d. m. ha^{-1} año^{-1}$ | Calculado | Obligatorio |
| R_{TREE} | Relación raíz-tallo para los árboles en la línea de base; adimensional disminuir las reservas de carbono en los árboles | 13. Escenario de Implementación | $\Delta C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C_{F_{TREE}} * \Delta b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C_{C_{TREE_BSL},i} * A_i \text{ (147)}$ $C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C_{F_{TREE}} * b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C_{C_{TREE_BSL},i} * A_i \text{ (148)}$ | - | Calculado | Obligatorio |
| $C_{C_{TREE_BSL},i}$ | Cobertura de copas de árboles en la línea de base, en el estrato i de línea de base, al inicio de la actividad de proyecto | 13. Escenario de Implementación | $\Delta C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C_{F_{TREE}} * \Delta b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C_{C_{TREE_BSL},i} * A_i \text{ (149)}$ $C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C_{F_{TREE}} * b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C_{C_{TREE_BSL},i} * A_i \text{ (150)}$ | - | Calculado | Obligatorio |
| A_i | Área del estrato de línea base i, de línea de base sobre la base de la cobertura de copas de árboles al inicio de la actividad del proyecto | 13. Escenario de Implementación | $\Delta C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C_{F_{TREE}} * \Delta b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C_{C_{TREE_BSL},i} * A_i \text{ (151)}$ $C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C_{F_{TREE}} * b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C_{C_{TREE_BSL},i} * A_i \text{ (152)}$ | ha | Calculado | Obligatorio |

| | | | | | | |
|---------------------|--|---------------------------------|---|--------------------------|-----------------|-------------|
| ΔC_{TREE_t} | Cambio en las existencias de carbono en los árboles dentro de los límites del proyecto en el año t | 13. Escenario de Implementación | $\Delta C_{TREE_t} = \frac{C_{TREE,t_2} - C_{TREE,t_1}}{T} * 1año \text{ (153)}$ | tCO ₂ e | Calculado | Obligatorio |
| T | Tiempo transcurrido entre dos estimaciones sucesivas (T=t ₂ - t ₁) | 13. Escenario de Implementación | $\Delta C_{TREE_t} = \frac{C_{TREE,t_2} - C_{TREE,t_1}}{T} * 1año \text{ (154)}$ | tCO ₂ e | Datos monitoreo | Obligatorio |
| C_{TREE} | Reserva de carbono en árboles en los estratos de estimación de biomasa arbórea | 13. Escenario de Implementación | $C_{TREE} = \frac{44}{12} * CF_{TREE} * B_{TREE} \text{ (155)}$ | tCO ₂ e | Calculado | Obligatorio |
| B_{TREE} | Biomasa arbórea en los estratos de estimación de biomasa arbórea | 13. Escenario de Implementación | $B_{TREE} = A * b_{TREE} \text{ (156)}$ | t d. m. ha ⁻¹ | Calculado | Obligatorio |
| b_{TREE} | Biomasa arbórea media por hectárea en los estratos de estimación de biomasa arbórea | 13. Escenario de Implementación | $B_{TREE} = A * b_{TREE} \text{ (157)}$ $b_{TREE} = \sum_{i=1}^M W_i * b_{TREE,i} \text{ (158)}$ $u_C = \frac{t_{VAL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_i^2}{n_i}}}{b_{TREE}} \text{ (159)}$ | t d. m. ha ⁻¹ | Calculado | Obligatorio |

| | | | | | | |
|---------------------|--|---------------------------------|---|--|-----------|-------------|
| $b_{TREE,i}$ | Biomasa arbórea media por hectárea en el estrato i | 13. Escenario de Implementación | $b_{TREE} = \sum_{i=1}^M W_i * b_{TREE,i} \quad (160)$ $b_{TREE,i} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}}{n_i} \quad (161)$ | <i>t d. m. ha⁻¹</i> | Calculado | Obligatorio |
| $S_{\Delta,i}^2$ | Varianza del cambio medio en la biomasa arbórea por hectárea en el estrato i | 13. Escenario de Implementación | $u_C = \frac{t_{V AL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_i^2}{n_i}}}{b_{TREE}} \quad (162)$ $S_i^2 = \frac{n_i * \sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}^2 - (\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i})^2}{n_i * (n_i - 1)} \quad (163)$ | <i>(t d. m. ha⁻¹)²</i> | Calculado | N/A |
| u_C | Incertidumbre en C_{TREE} | 13. Escenario de Implementación | $u_C = \frac{t_{V AL} * \sqrt{\sum_{i=1}^M W_i^2 * \frac{S_i^2}{n_i}}}{b_{TREE}} \quad (164)$ | - | Calculado | N/A |
| $b_{TREE,p,i}$ | Biomasa arbórea por hectárea en la parcela p en el estrato i | 13. Escenario de Implementación | $b_{TREE,i} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}}{n_i} \quad (165)$ $S_i^2 = \frac{n_i * \sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}^2 - (\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i})^2}{n_i * (n_i - 1)} \quad (166)$ | <i>t d. m. ha⁻¹</i> | Calculado | Obligatorio |
| $\Delta b_{TREE,i}$ | Biomasa arbórea media por hectárea en el estrato i | 13. Escenario de Implementación | $\Delta b_{TREE,i} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}}{n_i} + \beta * (\bar{X}' - \bar{x}) \quad (167)$ | <i>t d. m. ha⁻¹</i> | Calculado | Obligatorio |

| | | | | | | |
|----------------|---|---------------------------------|--|--------------------------------|-----------------|-------------|
| $b_{TREE,p,i}$ | Biomasa arbórea por hectárea en la parcela p del estrato i | 13. Escenario de Implementación | $\Delta b_{TREE,i} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}}{n_i} + \beta * (\bar{X}' - \bar{x}) \quad (168)$ $S_i^2 = \frac{n_i * \sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}^2 - (\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i})^2}{n_i * (n_i - 1)} * (1 - (1 - \alpha) * \rho^2) \quad (169)$ | <i>t d. m. ha⁻¹</i> | Calculado | Obligatorio |
| n_i | Número de parcelas de muestreo en la submuestra | 13. Escenario de Implementación | $\Delta b_{TREE,i} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}}{n_i} + \beta * (\bar{X}' - \bar{x}) \quad (170)$ $S_i^2 = \frac{n_i * \sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}^2 - (\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i})^2}{n_i * (n_i - 1)} * (1 - (1 - \alpha) * \rho^2) \quad (171)$ | - | Datos monitoreo | Obligatorio |
| β | Pendiente de la línea de regresión de la biomasa arbórea por hectárea en una parcela de muestra contra el valor de la variable secundaria de la parcela | 13. Escenario de Implementación | $\Delta b_{TREE,i} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}}{n_i} + \beta * (\bar{X}' - \bar{x}) \quad (172)$ | - | Calculado | N/A |
| \bar{X}' | Valor medio de la variable secundaria en todas las parcelas de muestra | 13. Escenario de Implementación | $\Delta b_{TREE,i} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}}{n_i} + \beta * (\bar{X}' - \bar{x}) \quad (173)$ | <i>t d. m. ha⁻¹</i> | Calculado | N/A |

| | | | | | | |
|-----------|--|---------------------------------|--|--|-----------|-----|
| \bar{x} | Valor medio de la variable secundaria en la submuestra de parcelas de muestra en las que también se mide la biomasa de los árboles | 13. Escenario de Implementación | $\Delta b_{TREE,i} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}}{n_i} + \beta * (\bar{X}' - \bar{x}) \quad (174)$ | <i>t d. m. ha⁻¹</i> | Calculado | N/A |
| S_i^2 | Varianza de la biomasa arbórea media por hectárea en el estrato i | 13. Escenario de Implementación | $S_i^2 = \frac{n_i * \sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}^2 - (\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i})^2}{n_i * (n_i - 1) - (1 - \alpha) * \rho^2} * (1 - \alpha) \quad (175)$ | <i>(t d. m. ha⁻¹)²</i> | Calculado | N/A |
| α | Relación entre el número de parcelas de muestra en la submuestra y el número de parcelas muestrales en la muestra ($\alpha < 1$) | 13. Escenario de Implementación | $S_i^2 = \frac{n_i * \sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}^2 - (\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i})^2}{n_i * (n_i - 1) - (1 - \alpha) * \rho^2} * (1 - \alpha) \quad (176)$ | - | Calculado | N/A |
| ρ | Coefficiente de correlación entre la variable secundaria y la biomasa arbórea por hectárea en una parcela de muestreo, estimado en | 13. Escenario de Implementación | $S_i^2 = \frac{n_i * \sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i}^2 - (\sum_{p=1}^{n_i} b_{TREE,p,i})^2}{n_i * (n_i - 1) - (1 - \alpha) * \rho^2} * (1 - \alpha) \quad (177)$ | - | Calculado | N/A |

| | | | | | | |
|-------------------|--|---------------------------------|--|--------------------------|-----------------|-------------|
| | todas las parcelas de muestreo de la submuestra | | | | | |
| C_{TREE_BSL} | Reserva de carbono en la biomasa de árboles antes del proyecto | 13. Escenario de Implementación | $C_{TREE_BSL} = \sum_{i=1}^M C_{TREE_BSL,i} \quad (178)$ $C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C_{FTREE} * b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C_{TREE_BSL,i} * A_i \quad (179)$ | tCO ₂ e | Calculado | Obligatorio |
| $C_{TREE_BSL,i}$ | Reserva de carbono en la biomasa arbórea previa al proyecto en el estrato i; t de CO ₂ e. | 13. Escenario de Implementación | $C_{TREE_BSL} = \sum_{i=1}^M C_{TREE_BSL,i} \quad (180)$ $C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C_{FTREE} * b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C_{TREE_BSL,i} * A_i \quad (181)$ | tCO ₂ e | Datos monitoreo | Obligatorio |
| b_{FOREST} | Biomasa aérea media en los bosques de la región o país donde se ubica el proyecto, t de materia seca por ha. | 13. Escenario de Implementación | $C_{TREE_BSL} = \frac{44}{11} * C_{FTREE} * b_{FOREST} * (1 + R_{TREE}) * C_{TREE_BSL,i} * A_i \quad (182)$ | t d. m. ha ⁻¹ | Calculado | Obligatorio |

| | | | | | | |
|---------------|--|---------------------------------|---|-------------------|-----------------|-------------|
| %Cob | Porcentaje de cobertura arborea | 15. Escenario de Implementación | $\%Cob = \left(\frac{CobArb}{CobTot} \right) * 100(183)$ | m ² | Calculado | Oblogatorio |
| CobArb | Cobertura arborea | 14. Plan De Monitoreo | $\%Cob = \left(\frac{CobArb}{CobTot} \right) * 100(184)$ | m ² | Datos monitoreo | Obligatorio |
| CobTot | Cobertura Total | 14. Plan De Monitoreo | $\%Cob = \left(\frac{CobArb}{CobTot} \right) * 100(185)$ | m ² | Datos monitoreo | Obligatorio |
| BA | biomasa aérea | 14. Plan De Monitoreo | $BA = \exp(-1.544 + 2.37 \ln(D)) \quad (39)$ | tCO _{2e} | Calculado | Obligatorio |
| D | Diámetro a la Altura del Pecho el cual es medido a 1,30m del suelo | 14. Plan De Monitoreo | $BA = \exp(-1.544 + 2.37 \ln(D)) \quad (39)$ | Metros | Datos monitoreo | Obligatorio |

| | | | | | | |
|-------------|---|-----------------------|---|-----------|-----------------|-------------|
| %PFA | Porcentaje de área efectiva de la especie x | 14. Plan De Monitoreo | $\%PFA = \left[\left(\frac{Af}{Ao} \right) \right] * 100 \text{ (186)}$ | Hectáreas | Calculado | Obligatorio |
| Af | Área efectiva de la especie x en el momento final | 14. Plan De Monitoreo | $\%PFA = \left[\left(\frac{Af}{Ao} \right) \right] * 100 \text{ (187)}$ | Hectáreas | Datos monitoreo | Obligatorio |
| Ao | Área efectiva de la especie x en el momento inicial | 14. Plan De Monitoreo | $\%PFA = \left[\left(\frac{Af}{Ao} \right) \right] * 100 \text{ (188)}$ | Hectáreas | Datos monitoreo | Obligatorio |

19. REFERENCIAS

1. Noss, R. F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation biology*, 4(4), 355-364.
2. SER, N. Society for ecological restoration international science & policy working group. 2004.
3. SALAMANCA, B.; CAMARGO, G. Protocolo distrital de restauración ecológica. Convenio DAMA–Fundación Bachaqueros, Bogotá, 2000, vol. 402.
4. SIMBERLOFF, Daniel y col. Corredores de movimiento: ¿gangas de conservación o malas inversiones? *Biología de la conservación*, 1992, vol. 6, no 4, pág. 493-504.
5. PEÑA-GONZÁLEZ, Natalia. Programa de monitoreo de restauración para áreas con aislamiento perimetral. 2017.
6. UNFCCC (2023). Plataforma web de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático REDD+. En: <https://redd.unfccc.int/>
7. Pedroni, L. VCS Methodology VM0015 V 1.1, v.1.1 Methodology for Avoided Unplanned Deforestation; Carbon Decisions International: Washington, DC, USA; p. 184. Rescatado el 12/27/2021 de: https://verra.org/wp-content/uploads/2018/03/VM0015_V_1.1-Methodology-for-Avoided-Unplanned-Deforestation-v1.1.pdf
8. IPCC. (2003). Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para UTCUTS. Disponible en: kutt.it/laZFfp
9. IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Disponible en: kutt.it/iLd1fY
10. IPCC. (2003). Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para uso del suelo, cambio de uso del suelo y forestería. Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf
11. Brown, Sandra; LUGO, Ariel E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. *Restoration Ecology*, 1994, vol. 2, no 2, p. 97-111.
12. BACHAQUEROS, Fundación Estación Biológica. Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas

- nativos en las áreas rurales de Santafé de Bogotá. Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. Dama, 2000.
13. Según la decisión 12/CP. 17 de la CMNUCC los NREF/NRF deben ser expresados en toneladas de dióxido de carbono equivalente por año.
 14. Adaptado de: CDM (2007). A/R Methodological Tool "Tool for the Demonstration and Assessment of Additionality in A/R CDM Project Activities" (Version 02). Fuente: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-01-v2.pdf>
 15. De acuerdo con el Estándar ColCX las actividades ARC, son de aumento de reservas de carbono y solo aplican para áreas de bosque permanente.
 16. Ríos-Camey, J. M., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., & Santos-Posadas, H. M. D. L. (2021). Crecimiento e incremento en biomasa y carbono de *Pinus teocote* Schltdl. et Cham. y *Pinus oocarpa* Schiede., Guerrero, México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(67), 81-108.
 17. CDM. 2011. Methodological tool Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities. En: [ar-am-tool-14-v4.2.pdf](#) (unfccc.int)
 18. Adaptado de: CDM (2011). A/R Methodological Tool "Estimation of non-CO2 GHG emissions resulting from burning of biomass attributable to an A/R CDM project activity" (Version 04.0.0). Fuente: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-08-v2.pdf>
 19. CDM. 2011. Methodological tool Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities. En: [ar-am-tool-14-v4.2.pdf](#) (unfccc.int)
 20. CDM. 2011. Methodological tool Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities. En: [ar-am-tool-14-v4.2.pdf](#) (unfccc.int)
 21. Adaptado de: CDM (2011). A/R Methodological Tool "Estimation of non-CO2 GHG emissions resulting from burning of biomass attributable to an A/R CDM project activity" (Version 04.0.0). Fuente: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-08-v2.pdf>

22. Doran, G. T. (1981). "There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives". Management Review. 70 (11): 35–36.
23. YEPES, A. P., et al. Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa-carbono en Colombia. IDEAM. Bogotá, Colombia, 2011.