



ESTRATEGIA REDD+ GUATEMALA

Bosque | Gente | Futuro

Análisis de prefactibilidad para proyectos con enfoque en la cuantificación de carbono orgánico de suelo (COS) en la Reserva Biosfera Sierra de las Minas (RBSM)

Actividad 4.61.2.

Elaborado por: Ruben Goldsztayn – ForestFinest Consulting
Andrea Vera – ForestFinest Consulting

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido.....	2
Índice de Tablas	4
Índice de Figuras.....	4
Abreviaturas y Acrónimos	5
Resumen Ejecutivo	7
1. Generalidades y antecedentes del producto	9
1.1. Objetivos del producto:.....	10
1.2. Revisión literaria.....	11
2. Introducción y generalidades de los reservorios de carbono	12
2.1. Pago por servicios ecosistémicos (PSE)	12
2.2. Reservorios de carbono.....	13
2.3. Implementación y monitoreo de proyectos de COS	14
3. Potencial de cuantificación de carbono en Guatemala.....	16
4. Metodologías de medición de COS	18
4.1. Vinculación COS con la RBSM.....	18
4.2. Estudios previos de COS en la RBSM	19
5. Exploración de metodologías para cuantificación de COS en el mercado voluntario.....	21
5.1. Selección metodología(s) más apropiada para la RBSM	27
6. Proyección cálculo de carbono escenarios (1 y 2) a 20 años	28
6.1. Escenario 1: Potencial de captura y almacenamiento de COS.....	28
6.1.1. Supuestos para el cálculo de remoción de emisiones de la RBSM	31
6.1.2. Reducción de emisiones en el compartimiento de suelo.....	35
6.2. Escenario 2: Proteger las reservas existentes de COS.....	36
6.2.1. Potencial de reducción de emisiones por deforestación y degradación de bosques en relación al COS	36
6.2.2. Implementación de un proyecto REDD+ y actividades de conservación de suelo en zonas agrícolas en relación al almacenamiento y captura de COS.....	41
7. Articulación con iniciativas de desarrollo sostenible	44
8. Cadenas de suministro agrícola.....	46
8.1. Cadenas de valor en la RBSM	46
8.1.1. Sistemas agroforestales (café y cacao).....	47
8.2. Trazabilidad de la producción Agrícola.....	48
8.2.1. Trazabilidad para cacao	49
8.2.2. Trazabilidad en cardamomo	50
8.3. Exportación de productos	50

8.3.1.	Cardamomo	50
8.3.2.	Café.....	51
8.4.	Alianzas estratégicas.....	52
8.5.	Actores a involucrar.....	53
8.6.	Mecanismos financieros.....	54
9.	Conclusiones.....	56
10.	Recomendaciones y pasos a seguir	57
11.	Referencias	60
12.	Anexos	62
12.1.	Proyectos de carbono con cacao.....	62
12.2.	Proyectos de carbono con café	62
12.3.	Proyectos de carbono con REDD+ y agricultura sostenible.....	63

Índice de Tablas

Tabla 1. Promedio de la densidad de carbono en los componentes evaluados.	19
Tabla 2. Contenido de carbono en la RBSM.	20
Tabla 3. Contenido de carbono en no bosque.	20
Tabla 4. Potenciales metodologías VCS.	22
Tabla 5. Potenciales metodologías GS4GG.	24
Tabla 6. Ejemplos de línea base y potenciales actividades de proyecto que afectan el COS.	29
Tabla 7. Estrato de uso del suelo en la RBSM.	32
Tabla 8. Línea base del proyecto.	33
Tabla 9. Potenciales actividades de proyecto para cada estrato.	34
Tabla 10. Potencial de reducción de emisiones para la RBSM a 20 años.	35
Tabla 11. Resumen de contenido de carbono orgánico en el suelo (tC/ha) en áreas de CONAP y FDN. .	36
Tabla 12. Resumen de contenido de carbono (tC/ha) en la RBSM.	37
Tabla 13. Estimación de reducción de emisiones para las áreas de FDN / CONAP – Enfoque conservador.	38
Tabla 14. Estimación de reducción de emisiones para las áreas de FDN / CONAP – Enfoque ajustado... 38	38
Tabla 15. Estimación de reducción de emisiones para la RBSM – Enfoque conservador.	39
Tabla 16. Estimación de reducción de emisiones para la RBSM – Enfoque ajustado.	40
Tabla 17. Potencial total de COS para proyecto REDD y conservación de suelo – enfoque conservador. 42	42
Tabla 18. Potencial total de COS para proyecto REDD y conservación de suelo – enfoque ajustado.	43
Tabla 19. Valor (US\$) de cardamomo exportado según país, 2017.	51
Tabla 20. Valor (US\$) de café exportado según país, 2017.	52

Índice de Figuras

Figura 1. Proporción de reservas de carbono en los compartimientos de carbono del bosque.	14
Figura 2. Potencial de COS relacionado a las actividades para mitigación de cambio climático.	15
Figura 3. Potenciales escenarios resultantes de la implementación de las actividades de proyecto.	29
Figura 4. Mapa de cobertura vegetal y uso actual de la tierra en la RBSM.	32
Figura 5. Visión general de los componentes y el flujo de información para un enfoque de cuantificación de los cambios en las reservas de carbono en el suelo (y las emisiones netas de GEI) desde el terreno hasta las escalas nacionales.	45
Figura 6. Potencial fondo verde para manejo del proyecto.	55

Abreviaturas y Acrónimos

ACoGS	Conversión evitada de pastizales y matorrales (por sus siglas en inglés)
AFOLU	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (por sus siglas en inglés)
ALM	Manejo de Tierras agrícolas (por sus siglas en inglés)
ANOF CG	Alianza Nacional de Organizaciones Forestales Comunitarias de Guatemala
ARR	Forestación, Reforestación y Revegetación (por sus siglas en inglés)
BIOFORESA	Biodiversidad, forestería y seguridad alimentaria
CEAR-UVG	Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad de la Universidad del Valle de Guatemala
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
COS	Carbono Orgánico en el Suelo
CNULD	Convención de las Naciones Unidas sobre la lucha contra la desertificación
EN-REDD	Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques
FDN	Fundación Defensores de la Naturaleza
FCPF	Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIMBUT	Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra
GS4GG	Gold Standard for the Global Goals
IFM	Manejo Forestal Mejorado (por sus siglas en inglés)
INAB	Instituto Nacional de Bosques
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MRV	Monitoreo, Reporte y Verificación
NDC	Contribución Nacional Determinada (por sus siglas en inglés)
ODS	Objetivos Globales de Desarrollo Sostenible
PINPEP	Programa de Incentivos Forestales para poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal
PSE	Pago por Servicios Ecosistémicos

PROBOSQUE	Ley de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala
RBSM	Reserva de la Biósfera Sierra de las Minas
REDD+	Reducción de Emisiones por deforestación y degradación de bosques
SAF	Sistemas Agroforestales
tCO ₂ e	Tonelada métrica (t) de Dióxido de Carbono equivalente
VCS	Estándar voluntario de carbono (por sus siglas en inglés)
VER	Reducciones Verificadas de las Emisiones de Carbono (por sus siglas en inglés)
WRC	Restauración y Conservación de Humedales (por sus siglas en inglés)

Resumen Ejecutivo

El presente estudio sustituye a la actividad 4.61.2. “Diseñar un PDD para Sierra de las Minas alineado a la Estrategia Nacional REDD+”. El cambio del estudio se basó en los resultados obtenidos de la Herramienta Power Bi, donde se determinó la tasa de deforestación y emisiones por deforestación y degradación en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas. Fundación Defensores de la Naturaleza concluyó que la implementación de un proyecto REDD+ no era económicamente factible debido que los costos asociados al desarrollo del proyecto eran mayores a la potencial ganancia por venta de créditos de carbono, ya que la cobertura forestal en la zona núcleo de la reserva se ha mantenido constante.

Por lo cual, el análisis del potencial del carbono orgánico del suelo surge como una alternativa complementaria para la compensación por servicios ecosistémicos, que puede ser implementado con pequeños agricultores en las zonas de manejo múltiple y fortalece las cadenas de valor de potenciales productos agrícolas.

La fijación de carbono en el suelo es una solución basada en la naturaleza con un alto potencial de secuestrar el carbono de la atmósfera a bajos costos, permite la participación de propietarios de tierras rurales y actores del agropecuario como beneficiarios de los incentivos de mitigación producidos por la reducción de gases de efecto invernadero (especialmente CO₂).

Las prácticas de mejora del carbono orgánico en el suelo (COS) tienen beneficios positivos: no requieren una superficie de tierra adicional, tienen una huella de agua mínima y son fácilmente aplicables y replicables; ya que no requieren cambios en el uso de la tierra, sino la mejora en las prácticas agropecuarias como el manejo sostenible de tierras agrícolas, reforestación, uso de cortavientos, agricultura de conservación, o utilizar enmiendas como abono orgánico y biocarbón (biochar), entre otros.

Las áreas de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas (RBSM) son viables para implementar actividades de recuperación y conservación de COS, en relación a evitar la deforestación y captura de COS en el sector agrícola y ganadero. En este sentido se realizó un análisis técnico y metodológico para la cuantificación del potencial de reducción de emisiones del carbono orgánico del suelo. Se trabajó con información proveniente de insumos en el marco de la Estrategia Nacional para la Reducción de Emisiones por Deforestación Evitada y Degradación de Bosques (REDD+) en Guatemala por parte de la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN)¹.

La asociación de un proyecto REDD+ en la RBSM con actividades de conservación de suelo en tierras agrícolas y ganaderas tendría una reducción de emisiones totales de 1,651,910 tCO₂ bajo un escenario conservador, pudiendo generar ingresos de 8,259,551 USD. Mientras que, bajo un escenario ajustado, la reducción de emisiones es de 2,188,351 tCO₂ con potenciales ingresos totales de 10,941,754 USD. Ambos escenarios tienen un periodo crediticio de 20 años. La proyección de los cálculos de carbono se realizó

¹ Al solicitar el cambio de producto de PDD (Project Design Document por sus siglas en inglés) al análisis de prefactibilidad para carbono orgánico del suelo, no se obtuvo información adicional enviada por FDN. Todos los análisis y supuestos están basados en la información disponible como se describió anteriormente.

siguiendo el marco metodológico general de Gold Standard, debido que permite usar diferentes enfoques de acuerdo a la información disponible. En este caso, el área elegible son las tierras de cultivo y pastizales al inicio del proyecto.

En cuanto al uso de estándares voluntarios en el mercado de carbono, la metodología del Verified Carbon Standard (VCS por sus siglas en inglés) [VM0021](#) sería la más apropiada para la RBSM, debido a que permite la inclusión de más reservorios de carbono (biomasa arriba del suelo, biomasa abajo del suelo). Sin embargo, en caso de considerar una combinación de metodologías, se recomienda utilizar una metodología para REDD+ o alineación al Programa de Reducción de Emisiones (PRE) en conjunto con la metodología VCS [VM0017](#). Esta unión permite cuantificar reducción de emisiones de carbono provenientes de la reducción de deforestación y degradación, así como de la adopción de mejores prácticas de agricultura. Es importante destacar que los retos en temas técnicos, administrativos, monitoreos, posible superposición de áreas y manejo de diferentes metodologías, entre otros elementos deben ser considerados y analizados en mayor profundidad.

Finalmente, la última sección del documento muestra las potenciales cadenas de valor de productos en la Reserva, aspectos técnicos a considerar en el desarrollo como trazabilidad de productos, financiamiento, alianzas estratégicas y actores a tomar en cuenta.

1. Generalidades y antecedentes del producto

La RBSM tiene una extensión estimada en 242,642 ha, establecida en cinco departamentos: Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Zacapa e Izabal. El área se encuentra afectada negativamente por el aumento no legal de asentamientos humanos y extracción de madera, incendios forestales, avance de la frontera agrícola y extracción insostenible de recursos naturales.

La FDN desde 1990, administra y gestiona el área de la biosfera. Dentro de las estrategias para frenar el avance de la deforestación y degradación de bosques. FDN planea desarrollar un programa de servicios ambientales basado en la captura y almacenamiento de carbono en los diferentes ecosistemas y compartimientos, para potencializar así sus líneas de acción a través de la adquisición de nuevos recursos que pueden ser aprovechados y dirigidos a actividades de carácter prioritario en la RBSM.

Los proyectos de reducción y eliminación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) incluyen una amplia variedad de tecnologías y medidas aplicables según su alcance sectorial. De acuerdo con VCS existen 15 sectores² donde se pueden desarrollar diferentes proyectos, actividades y emplear distintas metodologías. El Alcance Sectorial 14 corresponde a las actividades de Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo (AFOLU por sus siglas en inglés), incluyendo las siguientes categorías:

- Forestación, Reforestación y Revegetación (ARR)
- Manejo de tierras agrícolas (ALM)
- Manejo Forestal Mejorado (IFM)
- Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD)
- Conversión Evitada de Pastizales y Matorrales (ACoGS)
- Restauración y Conservación de Humedales (WRC)

Los proyectos REDD+ evitan la conversión de bosques a otros usos no forestales, y pueden consistir en evitar la deforestación y degradación planificada o no planificada de los bosques. Existen diferentes reportes de factibilidad (Mayen Chávez, 2013; Buch, 2017) para el desarrollo de un proyecto REDD+ en la RBSM. Buch (2017) estimó que la reducción de emisiones bajo un escenario conservador para toda el área de la RBSM incluyendo biomasa arriba del suelo y abajo del suelo se encuentran entre 7,366,412 tCO₂ y 12,401,159 tCO₂ para 20 años dependiendo los estrados de bosque. Mientras que solo para las áreas bajo administración privada de FDN y CONAP³ está entre 1,029,378 tCO₂ y 1,732,931 tCO₂ considerando ambos compartimientos de carbono. La pérdida de cobertura boscosa es de 16,065 ha y de 2,245 ha, correspondientemente; a una tasa de deforestación anual de 0.005.

La cobertura forestal en la zona núcleo de la reserva, se ha mantenido constante, evidenciando una pérdida del 3% entre los años 2001 al 2010; y del 5% en las zonas de manejo. Por lo cual, la implementación únicamente de un proyecto REDD+ inicialmente podría no ser económicamente factible; cómo lo expresó

² VCS Sectoral Scope: Disponible en <https://verra.org/project/vcs-program/projects-and-jnr-programs/vcs-sectoral-scopes/>

³ Se estima que el 17% de la tierra en la RBSM es propiedad estatal, el 70% es privada y del 3% restante no se tiene información (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2017)

FDN en la reunión del 2 de abril 2020 (Memoria de reunión)⁴. La decisión se basó en los datos obtenidos de la Herramienta [Power BI](#), donde se muestra que las emisiones netas del periodo de referencia 2006-2016 para toda el área de la RBSM es de 395,843 tCO₂e, a un ritmo anual de 39,584 tCO₂e/año. Las pérdidas por deforestación y degradación de bosques son 96 ha/año, mientras que las ganancias por plantaciones y restauración son 479 ha/año⁵. Esta información fue complementada con la revisión de la herramienta dinámica de cambio de uso de la tierra desarrollado por el Instituto Nacional de Bosques (INAB), donde se percibe una dinámica similar (Memoria de reunión del 15 enero del 2020⁶). Sin embargo, se desea explorar otros mecanismos posibles de compensación.

Por lo cual, el análisis del potencial del carbono orgánico del suelo surge como una alternativa complementaria para la compensación por servicios ecosistémicos. El carbono orgánico en el suelo es un reservorio de carbono con potencial para beneficiar a las comunidades y a la naturaleza. Globalmente, los suelos pueden almacenar tres veces más carbono que la atmósfera (Bossio *et al.*, 2020). Mayen Chávez (2013) identificó que los bosques pluviales presentes en la RBSM tienen un alto potencial para almacenar carbono en el suelo, obteniendo valores incluso dos veces mayor que los bosques húmedos subtropicales. Consecuentemente, el reporte de factibilidad está enfocado en el reservorio de carbono orgánico del suelo (COS) en la RBSM. El estudio analiza potenciales metodologías de estándares voluntarios internacionales, así como, presenta una estimación del potencial de COS en la RBSM.

1.1. Objetivos del producto:

- a) Estimar el contenido de carbono orgánico en el suelo almacenado en los bosques.
- b) Describir técnica y metodológicamente la cuantificación del carbono orgánico del suelo.
- c) Estimar el carbono orgánico de suelo para el área de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas, y las áreas de Defensores y posibles asociados como el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)⁷.
- d) Vincular el análisis de prefactibilidad con esquemas o programas internacionales de Servicios Ambientales o Ecosistémicos (PSA/PSE).

⁴ Se adjunta memoria de la reunión del 2 de abril de 2020.

⁵ El detalle de las estimaciones está disponible en el siguiente link: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrjoiO-DBiMwY0OTQtZWm3Yy00YwJlWE1ZmQtYwYwODIiNDk2ZWNmIiwidCI6IjhmYmFhNWJmLTJiY2MtNGR-jOC1iNTZiLThmOTJIMzA3ZjA3NiIsImMiOiR9>

⁶ Se adjunta memoria del 15 de enero de 2020

⁷ Este objetivo depende del detalle de la información enviada por FDN.

1.2. Revisión literaria

El presente reporte está basado en revisión de escritorio y literatura sobre el estado de la RBSM, incluyendo los análisis de las causas y agentes de deforestación; así como la implementación de los programas BIOFORESA (Biodiversidad, forestería y seguridad alimentaria) sobre cadenas de valor. Los principales documentos revisados (pero no los únicos) fueron:

- Evaluación de Carbono aplicado a Reducción de emisores por deforestación y degradación de bosques (REDD) para el mercado internacional de carbono en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas. Proyecto FODECYT N° 034-2011. Mayen Chávez, 2013.
- Documento de viabilidad técnica y económica de la Reserva de Biósfera de Sierra de las Minas para la implementación de actividades de REDD+ enmarcados dentro de la Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones. Buch, 2017.
- Informe Línea Base de deforestación evitada en la Región Subnacional REDD+ Sarstún Motagua, Guatemala. UVG, 2016.
- Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012. Mapa de cambios en Uso de la Tierra 2001-2010 para estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. GIMBOT, 2014.
- Información digital (formato shapefile) del uso de la tierra de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas para el año 2012.
- Using Exploratory factor analysis to explore stakeholders' attitudes in response to drivers of deforestation, forest degradation and enrichment in the Sarstun Motagua Region of Guatemala: A preliminary analysis. Robb *et al.* 2016.
- Análisis de Causas y Agentes de la deforestación en la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas. Cifuentes, 2016.
- Elaboración del primer mapa nacional sobre el carbono capturado por plantaciones y bosques naturales de Guatemala. Proyecto FODECYT N°08-2008. Castellanos, 2011.
- Borrador de la V Actualización del Plan Maestro de la Reserva de la Biósfera Sierra de las Minas. Fundación Defensores de la Naturaleza, 2017.
- Informe de evaluación ex post de los programas BIOFORESA I (2012-2015) y BIOFORESA II (2016-2018). Skarwan & Aguilar, 2018.
- Consultoría para la sistematización y construcción de herramientas para posicionar el valor económico de los servicios ambientales de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas. Villagrán, 2017.
- Plan de manejo de la cuenca Teculután, Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala. Rosito, 2015.
- Propuesta de plan de manejo de la subcuenca Pasabién, Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala. Fundación Defensores de la Naturaleza, 2016.
- Restauración productiva de bosques en comunidades ubicadas en zonas de recuperación, uso especial y de amortiguamiento en tres áreas protegidas de Guatemala. Bautista, 2019.

2. Introducción y generalidades de los reservorios de carbono

2.1. Pago por servicios ecosistémicos (PSE)

La RBSM está ubicada en el nororiente de Guatemala, entre los valles del Río Polochic y Río Motagua. Es un área protegida en un sistema montañoso que va desde 15 hasta 3,000 msnm, registrando 5 zonas de vida acorde a Holdridge (1982): Bosque seco Subtropical (bs-S), Bosque húmedo Subtropical (templado) (bh-S(t)), Bosque muy húmedo Subtropical (frío) (bmh-S(f)), Bosque muy húmedo subtropical (templado) (bmh-s(f)), y Bosque Pluvial Montano Bajo Subtropical (bpmb-s).

FDN gestiona e implementa proyectos de protección y desarrollo sostenible para el área protegida, la cual está habitada por más de 200 comunidades de origen Q'eqchi', Poqomchi' y mestizo⁸. La condición socioeconómica de las comunidades en las subcuencas de la RBSM es predominantemente rural. El sistema de producción es la agricultura migratoria, la cual se basa en sistema de rotación de terrenos, baja tecnología, baja inversión de capital y grandes extensiones de tierra. Este sistema de cultivo provoca el avance de la frontera agrícola y la pérdida de bosques primarios. Cifuentes (2016) identificó que los principales agentes de deforestación del lado sur son los caficultores, los madereros ilícitos y extracción ilegal de recursos naturales, la agricultura de subsistencia, los invasores de tierras (asentamientos ilegales) y las plagas que afectan los cultivos y bosques; mientras que en el lado norte son la agricultura de subsistencia, los invasores de tierras y las secadoras de cardamomo. Además, el pastoreo extensivo tanto en las áreas boscosas como en áreas sin cobertura forestal, afecta principalmente la zona de usos múltiples y zona de amortiguamiento (p. ej. Motagua). En esta área las praderas están ampliamente extendidas y son la principal causa de incendios en época seca (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2017). Otros factores ligados a la deforestación son la falta de seguridad en la tenencia de la tierra, inaccesibilidad, poca infraestructura y limitados servicios básicos (salud, educación, energía eléctrica, agua potable).

Para asegurar la provisión sostenible de los bienes y servicios del ecosistema, distintos países alrededor del mundo han adoptado programas de pago por servicios ecosistémicos (PSE), un marco que se centra en la obtención de resultados ambientales y socioeconómicos. Wunder (2015) caracterizó los PSE en cinco criterios: "(1) una transacción voluntaria entre (2) el usuario del servicio y (3) los proveedores de servicios (4) que están condicionados a reglas acordadas para la gestión de los recursos naturales (5) para la generación de servicios fuera del sitio".

El principio o lógica de los PSE radica en que los proveedores de los servicios deben ser compensados económicamente por los beneficiarios que disfrutan de los mismos, como una manera de garantizar la conservación, rehabilitación o restauración de los ecosistemas que los generan (Pagiola & Platias, 2002). En ciertas situaciones, el pago equivale al costo de oportunidad de una actividad productiva o extractiva que afectaría a uno o varios SE. En este sentido, el pago debería dirigirse directamente a los proveedores para que adopten prácticas que conduzcan al beneficio de los SE de interés como, por ejemplo, buenas prácticas agrícolas, cambios en el uso de suelo, mantenimiento de bosques y cuencas hidrográficas, etc.

⁸ Personas de ascendencia mixta europea e indígena.

La gran mayoría de los esquemas de PSE existentes están relacionados con mercados enfocados en cuatro servicios: (i) Conservación de cuencas hidrográficas (o protección de recursos/servicios hidrológicos), (ii) Protección de la biodiversidad, (iii) Belleza escénica o paisajística, (iv) Carbono (captación o fijación y reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por deforestación y degradación).

El reporte se basa en el secuestro y almacenamiento de carbono, el cuál convertido en CO₂ puede ser comercializado en un mercado como créditos de carbono (1 tCO₂ es equivalente a un crédito o bono de carbono). El pago por servicios ecosistémicos financia la conservación de la diversidad biológica y asegurar la prestación de servicios de los ecosistemas, permitiendo el desarrollo de actividades económicas para mejorar la calidad de vida de la población en los planos local, regional y nacional.

2.2. Reservorios de carbono

La cuantificación y monitoreo de carbono se da en cinco reservorios principales: biomasa aérea, biomasa subterránea, hojarasca, madera muerta y carbono orgánico del suelo. Los valores de carbono varían dependiendo de factores físicos (régimen de precipitación, temperatura, suelo, topografía), factores biológicos (composición de especies, edad, densidad) y factores antropogénicos (perturbación histórica, intensidad de tala) (Mayen Chávez, 2013). FAO (2020) reportó que, a nivel mundial, la mayor parte del carbono forestal se encuentra en la biomasa viva y en la materia orgánica del suelo, como se puede ver en la

Figura 1.

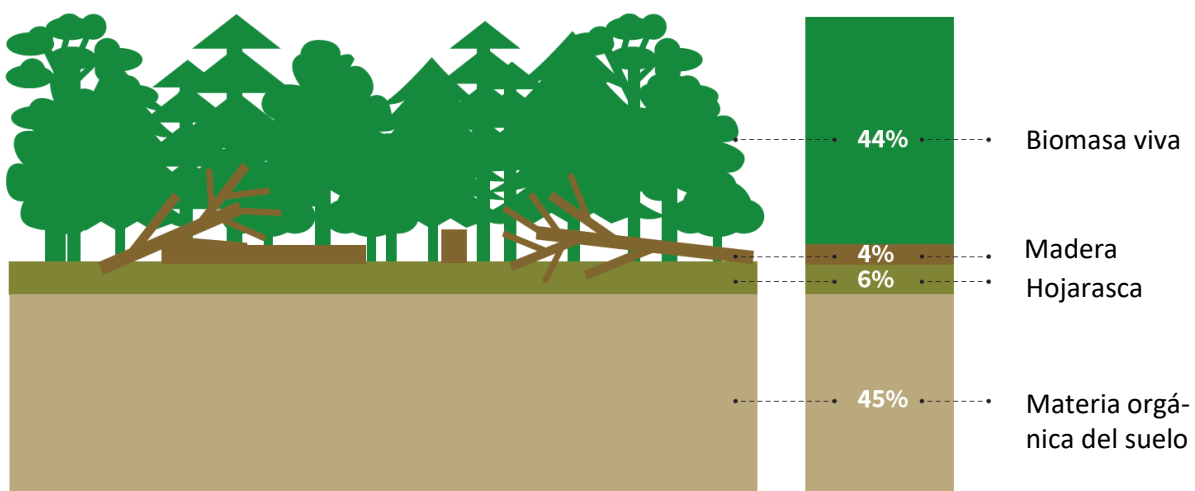


Figura 1. Proporción de reservas de carbono en los compartimientos de carbono del bosque.

Fuente: FAO (2020)

Los suelos representan el mayor reservorio de carbono orgánico terrestre. El secuestro de carbono orgánico del suelo (COS) comprende tres etapas: 1) la extracción del CO₂ de la atmósfera a través de la fotosíntesis de las plantas; 2) la transferencia de carbono del CO₂ a la biomasa vegetal; y 3) la transferencia de carbono de la biomasa vegetal al suelo donde se almacena en forma de COS (FAO, 2017).

La pérdida de COS es un indicador del estado de la degradación del suelo, pudiendo perderse en forma de CO₂ o CH₄ emitido de nuevo a la atmósfera, como material erosionado o como carbono orgánico disuelto que desemboca en ríos y océanos (FAO, 2017).

Las contribuciones del suelo en diversos ecosistemas en los últimos años han sido destacadas por el reconocimiento de su papel como sumidero de carbono y su potencial para reducir la concentración de CO₂. Debido a esto, existe una enorme oportunidad de secuestrar el carbono atmosférico en el suelo durante un largo período de tiempo, especialmente considerando que el 24% de los suelos mundiales y el 50% de los suelos agrícolas están degradados (Abdullahi *et al.*, 2018).

2.3. Implementación y monitoreo de proyectos de COS

Existe un progreso sustancial para lograr una apreciación más amplia (por ejemplo, entre los encargados de la formulación de políticas, los grupos ambientalistas y el público en general) de la función clave del COS en relación con los servicios básicos de los ecosistemas de las tierras de cultivo. Como resultado de este proceso, los estándares voluntarios y regulados están desarrollando metodologías para liderar el camino hacia una mayor inclusión del manejo de COS en la toma de decisiones de los agricultores y ganaderos.

Diversos estudios han demostrado el potencial de mitigación al cambio climático de la reducción de emisiones en el carbono orgánico del suelo. Por ejemplo, Govers *et al.* (2013) recopiló estudios en Costa Rica donde se muestra que cultivos en callejones para la especie *G. sepium* a los 11 años presenta una tasa de reducción de COS de 1.1 Mg C/ha/año. Bossio *et al.* (2020) clasificó las actividades de proyecto en relación a su capacidad de mitigación de COS (Figura 2). Las porciones gris claro de las barras representan niveles de mitigación costo-efectivas asumiendo una ambición mundial de mantener el calentamiento por debajo de 2 °C (<100 USD (MgCO₂e)⁻¹ año⁻¹). Las porciones gris oscuro de las barras indican niveles de mitigación de bajo costo (<US\$10 (MgCO₂e)⁻¹ año⁻¹). Los beneficios de los servicios ecosistémicos están indicados mediante barras de color para la biodiversidad, el agua (filtración y control de inundaciones),

los alimentos y la filtración del aire, y se vinculan a múltiples actividades forestales, de agricultura y de humedales. Más de la mitad de actividades (reforestación, cultivos de cobertura, biocarbón, árboles en tierras de cultivo, pastoreo, opciones de pastos mejorados y la restauración de los humedales costeros) representan sumideros COS mejorados, mientras que los otros evitan pérdidas de COS.

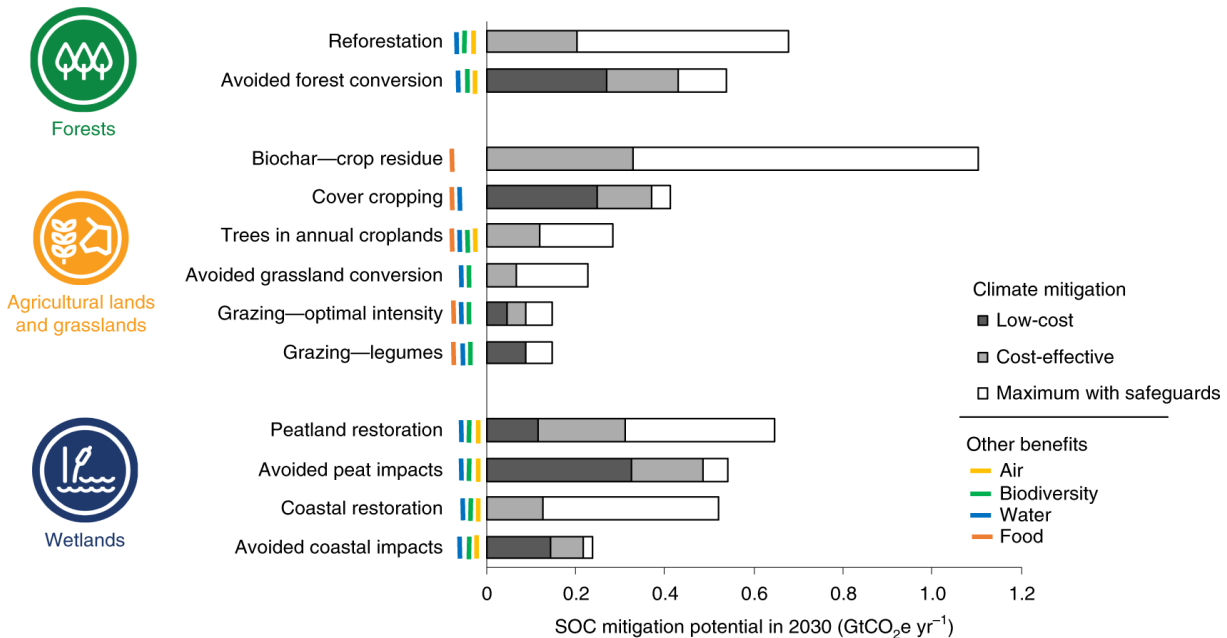


Figura 2. Potencial de COS relacionado a las actividades para mitigación de cambio climático.
Fuente: Bossio *et al.* (2020).

La evaluación de los cambios de las existencias de COS depende fundamentalmente de un adecuado monitoreo, dado que la tasa de cambio de las existencias de COS es relativamente baja (en comparación con un inventario total). Así mismo, la calidad y la cantidad de los datos de monitoreo también dependen de la información disponible, por ejemplo, para el análisis de información geográfica, la ausencia de mapas de suelos de alta resolución y conjuntos de datos meteorológicos en cuadrícula de escala fina limita la capacidad de realizar estudios a escala local.

Finalmente, las perspectivas para la acción de secuestro de COS son prometedoras porque los instrumentos de diseño del proyecto son suficientes para hacer frente a los desafíos de contabilidad, además que la financiación y apoyo a estos proyectos parece estar creciendo para el sector (*Ibid*) debido a que la mejora de COS trae múltiples beneficios, incluso más allá de los mercados formales de carbono (Govers *et al.*, 2013). Por lo cual, es recomendable la implementación de proyectos de reducción de emisiones con énfasis en el carbono orgánico del suelo, especialmente relacionado al sector agrícola y ganadero.

3. Potencial de cuantificación de carbono en Guatemala

La Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques (EN-REDD+) está dividida en cinco regiones REDD+ basada en una división geográfica, así como por sus aspectos biofísicos, socioeconómicos, agentes y causas de la deforestación. Esta distribución permite avanzar en la preparación de información y evitar la duplicidad en la contabilidad de emisiones y remociones. Las regiones subnacionales son: Tierras Bajas del Norte, Sarstún-Motagua, Occidente, Oriente, y Costa Sur. La Reserva de la Biósfera Sierra de las Minas (RBSM) se encuentra dentro de la región Sarstún-Motagua.

Sin embargo, al definir el Nivel de Emisión de Referencia de los Bosques a nivel nacional, el carbono orgánico del suelo se considera en equilibrio en las zonas forestales que permanecen como tal (i.e. bosque que permanece como bosque). Y en el caso de deforestación, estos reservorios no se han incluido porque no hay datos que representen adecuada y estadísticamente los bosques del país. Cálculos preliminares nacionales para este compartimiento de carbono estimaron un valor de 29.2 tC/ha en el COS, a una pérdida gradual de 1.46 tC/ha/año hasta llegar al equilibrio a los 20 años. Asimismo, se registró que las emisiones no son significativas (5.54%) dentro del total de emisiones de deforestación y degradación (Gobierno de Guatemala, 2019), por lo cual, es conservativo no incluir este sumidero en la cuantificación del nivel de referencia de Guatemala; a pesar del potencial de captura de carbono.

Guatemala cuenta con varios inventarios de carbono realizados desde 1999, siendo la mayoría iniciativa de la academia, principalmente del Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad de la Universidad del Valle de Guatemala (CEAB-UVG). Todos los inventarios a nivel nacional fueron tomados en cuenta para establecer las líneas base subnacionales para las regiones REDD+. Para la región Sarstún-Motagua, se incluyeron los reservorios de carbono, biomasa arriba del suelo, biomasa debajo del suelo, hojarasca y carbono orgánico del suelo. Madera muerta y productos maderables fueron excluidos. Valores totales de todos los compartimientos de carbono reportan una media de 130 tC/ha para bosques húmedos, y 199 tC/ha para bosques muy húmedos (Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, UVG, 2016).

A nivel local, en 1996 FDN realizó pre-muestreos de carbono en los bosques de la RBSM. En el 2002, se realizaron nuevas mediciones para actualizar y comparar los datos obtenidos en el primer muestreo. La estratificación que se utilizó en el último año fue por zonas de vida, incluyendo parcelas en áreas de no bosque como sistemas agroforestales y agrícolas. Los valores iniciales se encuentran en un rango entre 300 a 800 tCO₂/ha. Sin embargo, las estimaciones se realizaron a nivel de diagnóstico e información, y no utilizando una metodología estadística lo suficientemente robusta que incluyera aspectos importantes como análisis de precisión e incertidumbre.

En el 2008, a través del proyecto para la “Elaboración del primer mapa nacional sobre el carbono capturado por plantaciones y bosques naturales de Guatemala”, se realizó un nuevo muestreo ampliando a 41

el número de parcelas monitoreadas. Los resultados mostraron valores entre 170 a 602 tCO₂/ha, cifras menores a los obtenidos años previos; incluyendo carbono en el suelo.

En 2013, Mayen Chávez realizó un inventario en la RBSM bajo los lineamientos aprobados por los estándares internacionales VCS y CCB tomando en consideración las zonas de vida de la RBSM y los medios de vida de la población. Se realizaron muestreos en parcelas de bosque y no bosque colectando datos de árboles, arbustos, árboles muertos, vegetación verde, hojarasca, suelo y vegetación de no bosque en cultivos de café, maíz, cardamomo, pasto, y palma africana, en los 10 estratos de carbono identificados. Del total de parcelas, 75 estuvieron localizadas en bosque y 50 en no bosque. El promedio del contenido de carbono en los estratos de la RBSM es de 421.71 tC/ha. Sin embargo, las parcelas establecidas no siguieron una distribución aleatoria para lograr un nivel estadístico de representatividad de los estratos, además que la ubicación de las parcelas es de difícil acceso para posteriores mediciones y monitoreos continuos (comunicación personal con FDN).

4. Metodologías de medición de COS

En los árboles y arbustos, se puede almacenar una cantidad considerable de carbono en la biomasa leñosa que puede acumularse y persistir durante muchas décadas. Este es un reservorio importante de carbono y debe ser considerado en cualquier enfoque de contabilidad de CO₂ neto. En los sistemas agrícolas que carecen de biomasa leñosa de larga vida (por ejemplo, tierras de cultivo anuales y praderas o pastizales sin árboles), las existencias de biomasa vegetal son relativamente pequeñas y en su mayoría efímeras debido a la cosecha y el pastoreo anual. Es así que, la única reserva de carbono orgánico grande y persistente (de un año a otro) se encuentra en el suelo. Por lo tanto, la contabilidad de las existencias de COS en ecosistemas agrícolas es importante para evaluar si son una fuente o un sumidero neto de carbono (Paustian *et al.*, 2019).

A escala local, los suelos pueden ganar o perder carbono orgánico. Cuando se reducen las existencias de COS, puede coincidir con otras formas de degradación del suelo; por ejemplo: pérdida de la capa superior del suelo, compactación, reducción de la estructura de los agregados. Suelos agrícolas degradados en relación al uso de suelo actual, pueden reconstruir las existencias de COS si se gestionan apropiadamente (Paustian *et al.*, 2019).

Existen diferentes técnicas para medir carbono en el suelo, una de ellas es la medición directa de los cambios en las existencias de carbono del suelo; a través, de la extracción de muestras del suelo que luego son analizados en laboratorio. Por otro lado, también se puede modelar los cambios en el COS a nivel de proyecto, usando variables como manejo de la tierra, condiciones climáticas, usos del suelo, entre otros. Estos modelos de simulación emplean ecuaciones diferenciales para describir la dinámica temporal y espacial de la materia orgánica del suelo. Sin embargo, se necesitan datos detallados del proyecto para poder calibrar el modelo. Entre los programas más utilizados están DNDC⁹, RothC¹⁰, APSIM¹¹, y DAYCENT¹². Adicional, el uso de sensores remotos y herramientas como aprendizaje automático (*machine learning*) también está siendo investigado para cuantificar COS a través de algoritmos en relación a la cobertura vegetal (Climate Action Reserve, 2019).

4.1. Vinculación COS con la RBSM

Se han realizado diversos estudios de cuantificación de carbono en la RBSM como se mencionó en las secciones anteriores. Sin embargo, no se ha evaluado el potencial de reducción de emisiones del carbono orgánico del suelo individualmente, a pesar de ser clave en la mitigación del cambio climático y para cumplir con los compromisos de reducción de emisiones del Acuerdo de París y la Agenda 2030.

Los valores de COS dependen de la geología local, condiciones climáticas como zonas de vida, uso y gestión del territorio (actividades socioeconómicas), entre otros factores ambientales (FAO, 2017). Por ejemplo, los suelos en la región de permafrost del norte, principalmente suelos de turba, almacenan más

⁹ DNDC model. Disponible en <http://www.dndc.sr.unh.edu/>

¹⁰ Rothamsted research. Disponible en: <https://www.rothamsted.ac.uk/sustainable-agriculture-sciences>

¹¹ APSIM – Agricultural Production Systems Simulation. Disponible en <https://www.apsim.info/>

¹² DayCent – Daily Century Model. Disponible en <https://www2.nrel.colostate.edu/projects/daycent/>

carbono debido a las bajas temperaturas, lo que no permite una actividad biológica alta, y por ende, la descomposición de la materia orgánica es lenta. Por el contrario, en zonas tropicales, las altas temperaturas y régimen de lluvias, favorecen la actividad biológica, y por ende la descomposición rápida de la materia orgánica.

No obstante, aún existen vacíos de conocimiento, financieros e institucionales, incluyendo los costos, incertidumbre, permanencia de los reservorios y la adicionalidad. Sin embargo, incentivos monetarios o no monetarios pueden inducir a los agricultores a superar los obstáculos y cambiar las prácticas necesarias para reconstruir los reservorios subterráneos de COS (Climate Action Reserve, 2019).

4.2. Estudios previos de COS en la RBSM

Castellanos (2011) elaboró el primer mapa nacional de carbono capturado en árboles de plantaciones y bosques naturales en Guatemala. Se realizaron muestreos en bosques naturales, tanto de coníferas como latifoliadas. El área de la RBSM fue incluida, donde se establecieron 42 parcelas en cuatro zonas de vida distribuidas en los municipios de Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Zacapa e Izabal. La Tabla 1 muestra los valores obtenidos para COS de los bosques evaluados.

Tabla 1. Promedio de la densidad de carbono en los componentes evaluados.

Características			Densidad promedio de carbono (ton C/ha)				
Código	Zona de vida	Altitud (msnm)	Total arriba suelo	Maleza	Hojarasca	Suelo	Total estrato
Sierra de las Minas 1	Bosque húmedo templado Bh-S(t)	1208	26.79	1.32	7.69	15.96	46.43
Sierra de las Minas 2	Bosque muy húmedo frío Bmh-S(f)	1797	98.42	2.35	11.44	40.17	132.30
Sierra de las Minas 3	Bosque muy húmedo cálido tropical y subtropical Bmh-S(c)	1997	118.73	2.30	11.37	44.63	164.28
Sierra de las Minas 4	Bosque pluvial subtropical y pluvial montano bajo Bpmb-s	368	82.26	1.59	6.43	28.38	109.92

Fuente: Castellanos (2011).

Otro estudio posterior realizado por Mayen Chávez (2013) reportó los siguientes valores de carbono orgánico del suelo para la RBSM, a través de la toma de muestras de los primeros 30 cm de profundidad en áreas de bosque y no bosque (Tabla 2 y Tabla 3).

Tabla 2. Contenido de carbono en la RBSM.

COSOLIDADO DE CARBONO PRESENTE EN LOS ESTRATOS DE LA RBSM							
Resultados (tC/ha)							
Bosque	Total arriba Suelo	Raíces	Hojarasca	Madera muerta yacente	Suelo	Total abajo del suelo	Total estrato
Bosque húmedo Subtropical (templado) - Agroindustria, industria maderera, minería y café	111.17	106.76	4.35	0.49	27.16	138.76	249.93
Bosque muy húmedo Subtropical - Agroindustria de exportación y ganadería	128.23	146.17	7.82	0.98	32.53	187.50	315.73
Bosque muy húmedo Subtropical - Agroindustria, industria maderera, minería y café	125.31	121.11	3.15	1.03	29.02	154.31	279.61
Bosque muy húmedo Subtropical - Cardamomo y Café	108.03	106.50	8.24	4.46	50.49	169.70	277.73
Bosque muy húmedo Subtropical - Granos básicos y venta de mano de obra	133.39	130.51	10.43	0.95	38.72	180.60	314.00
Bosque pluvial Montano Bajo Subtropical - Agroindustria, industria maderera, minería y café	371.63	369.71	8.52	7.35	55.62	441.20	812.83
Bosque pluvial Montano Bajo Subtropical - Cardamomo y Café	269.89	264.39	6.58	1.64	61.52	334.12	604.01
Bosque pluvial Montano Bajo Subtropical - Granos básicos y venta de mano de obra	209.99	208.00	21.47	4.43	67.93	301.84	511.83

Fuente: Mayer Chávez (2013).

Tabla 3. Contenido de carbono en no bosque.

ESTRATOS DE CARBONO NO BOSQUE EN LA RBSM						
Resultados (tC/ha)						
NO BOSQUE	Total arriba suelo	Raíces	Hojarasca	Suelo	Total	Total estrato
No Bosque – Maíz	7.39	7.39	0.00	110.92	118.31	125.7
No Bosque – Café	54.62	54.62	3.59	53.83	112.04	166.67
No Bosque – Cardamomo	4.59	4.59	3.59	56.62	64.80	69.39
No Bosque – Pasto	4.79	4.79	0.00	37.11	41.90	46.69
No Bosque – Palma africana	501.74	501.75	0.00	27.88	529.63	1031.36

Fuente: Mayer Chávez (2013).

5. Exploración de metodologías para cuantificación de COS en el mercado voluntario

El análisis de las metodologías se basa inicialmente en toda el área de la RBSM. En caso el proyecto solo involucre propiedades privadas y no comunales, se deberá evaluar específicamente si la metodología aplica teniendo en cuenta las actividades de uso de suelo.

Metodologías VCS (*Verified Carbon Standard*)

- **VM0017 Adopción del Manejo Sostenible de Tierras Agrícolas (SALM por sus siglas en inglés):** se centra en un conjunto específico de prácticas de manejo agrícola. Esta metodología especifica el método de cuantificación que se utilizará para la acumulación de COS, siempre y cuando la información base haya sido aceptada en publicaciones científicas y validada para la región del proyecto. La metodología también hace referencia a instrumentos para medir otras fuentes de emisión como las emisiones de N₂O de fertilización.
- **VM0021 Método de cuantificación del carbono en el suelo** incluye el carbono orgánico e inorgánico del suelo, así como varios tipos de biomasa (leñosa, hojarasca, raíces), y los impactos de incendios forestales.
- **VM0026 Metodología para el Manejo Sostenible de Pastizales** es específica para proyectos de gestión sostenible de pastizales en los que se está produciendo una degradación continua y que se espera que continúe.
- **VM0032 Metodología para la adopción de pastizales sostenibles mediante el ajuste de fuego y pastoreo** está limitado a las actividades en los terrenos no cultivados de pastos donde el fuego es un acontecimiento recurrente.

Sin embargo, las metodologías VM0026 y VM0032, ambas asociadas al manejo de pastos sostenible, no son adecuadas para la RBSM acorde a las condiciones de aplicabilidad. La primera no cumple con la condición de que el área de proyecto debe ser pastizales 10 años previos al inicio del proyecto; y la segunda metodología menciona que las actividades de ganadería deben permanecer en el área del proyecto, lo cual no está alineado a los principios de un área protegida.

Por otro lado, VCS está en el proceso de aprobar una nueva metodología llamada “Metodología para mejorar el manejo de tierras agrícolas”¹³, la cual cuantifica las reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero y las eliminaciones de carbono orgánico del suelo resultantes de la adopción de prácticas mejoradas de gestión de las tierras agrícolas o pastizales. Las áreas agrícolas deben permanecer en producción durante todo el período crediticio del proyecto. Importante a tener en cuenta es que el área de proyecto no debe ser resultado de una deforestación total o cambio de un ecosistema nativo en el periodo de 10 años anterior a la fecha de inicio de proyecto.

¹³ La metodología se encuentra catalogada como “En desarrollo” y estaba abierta para comentarios públicos hasta el 5 de julio del 2020. Disponible en <https://verra.org/methodology/methodology-for-improved-agricultural-land-management/>

La Tabla 4 muestra un análisis comparativo de las potenciales metodologías VCS que pueden ser usadas para la cuantificación de reducción de emisiones en la RBSM. De igual manera, presenta los lineamientos y condiciones de aplicabilidad que deben cumplirse para su uso.

Tabla 4. Potenciales metodologías VCS.

Descripción		Metodología	
		VM0017	VM0021
Actividad final de proyecto	Reducir emisiones del sector agrícola	x	x
	Reducir emisiones del sector ganadero		x
	Reducir emisiones del sector forestal		x
Actividades permitidas		Manejo de abono, uso de cobertura para cultivos, fertilización, uso de residuos, plantación de árboles.	Conservación, restauración de ecosistemas y proyectos agrícolas.
Condiciones de aplicabilidad		<ul style="list-style-type: none"> - Las áreas del proyecto son tierras de cultivo o pastizales al inicio del proyecto. - El proyecto no se realiza en humedales. - El suelo está degradado y permanecería constante o disminuiría en ausencia del proyecto. - Las tierras cultivadas en la región son constantes o aumentaría en ausencia del proyecto. - Las tierras forestales en la región son constantes o disminuyen en el tiempo. - Debe haber estudios que demuestren el uso de RothC es apropiado para las condiciones climáticas del proyecto o zonas de vida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los proyectos deben cumplir: mejoramiento del manejo de tierras de cultivos, o mejoramiento del manejo de pastizales, o conversión de uso de la tierra de tierras de cultivo o pastizales. - Las áreas del proyecto son tierras de cultivo o pastizales al inicio del proyecto. El proyecto no se realiza en humedales, bosques o turberas. - Las fugas son por pastoreo y la producción de forraje, la producción de cultivos y la producción de madera. - Las actividades del proyecto no deben incluir cambios en los regímenes de agua.
Herramienta de modelamiento		RothC	Módulos dependiendo las actividades del proyecto (ecuaciones)
Reservorios incluidos ¹⁴	Arriba del suelo	Incluido (sólo para vegetación leñosa, no para cultivos anuales)	Incluido
	Abajo del suelo	Incluido (sólo para vegetación leñosa, no para cultivos anuales)	Incluido
	Madera muerta	No incluido	Incluido
	Hojarasca	No incluido	Incluido

¹⁴ Valores de arriba del suelo y debajo del suelo deberán ser tomados de la línea base de reducción de emisiones por deforestación y degradación a nivel nacional, a fin de alinear los proyectos de reducción de emisiones.

Descripción		Metodología	
		VM0017	VM0021
	Carbono Orgánico del suelo	Incluido (principal reserva de carbono)	Incluido
	Productos maderables	No incluido	Incluido
Fuentes de emisión	Uso de fertilizantes	CO ₂ y CH ₄ son excluidos. N ₂ O es incluido por ser la principal fuente de emisión de gases	Modulo incluido
	Uso de especies fijadoras de nitrógeno	CO ₂ y CH ₄ son excluidos. N ₂ O es incluido por ser la principal fuente de emisión de gases	Modulo incluido
	Quema de biomasa	CO ₂ es excluidos. CH ₄ y N ₂ O son incluidos	Modulo incluido
	Quema de combustibles fósiles	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O son incluidos	No incluido
Límite del proyecto	Áreas continuas	x	X
	Áreas no continuas	x	X
Fugas	Incluido	La única fuente potencial de fugas es el aumento del uso de leña y/o combustibles fósiles de fuentes no renovables para cocinar.	Fugas debido al desplazamiento de pastoreo, forraje y producción agrícola; cosecha de madera; y mercado.
Monitoreo	Incluido	El proponente del proyecto debe registrar cuando cada agricultor acuerde adoptar prácticas de manejo sostenible de tierras agrícolas.	Parámetros de monitoreo en cada módulo asociado a la metodología.
Estratificación	Incluido	Estratos en base a sistema de cultivo, sistema de labranza, utilización de residuos de cultivos, aplicación de estiércol, contenido de arcilla de los suelos y variables climáticas.	Uno o más estratos donde las dinámicas de carbono en el suelo son uniformes.

Fuente: Elaboración propia.

Metodología GS4GG (*Gold Standard for the Global Goals*)

- **Carbono del suelo en proyectos de forestación y reforestación:** GS4GG emplea una herramienta para la “Estimación de los cambios en los reservorios de carbono orgánico del suelo debido a la implementación de actividades del proyecto del MDL de forestación y reforestación”. Esta hoja de cálculo¹⁵ puede emplearse en el proyecto de la RBSM, específicamente a las áreas que son tierras de cultivo o pastizales y serán convertidas a tierras forestales. La herramienta no puede ser usada en tierras forestales al inicio del proyecto debido al criterio de elegibilidad del proyecto (el área de proyecto debe ser bosque como mínimo 10 años antes del inicio del proyecto). Además, solo puede ser usada en las áreas que se van a plantar y para estimación ex ante.
- **Marco de la metodología de carbono orgánico del suelo (*Soil Organic Carbon Framework Methodology*).** Este marco metodológico publicado por GS4GG en enero 2020, permite un amplio rango de actividades del proyecto sobre tierras de cultivo o pastizales. Sin embargo, no permite el cambio de uso de suelo y no cuantifica biomasa leñosa en el escenario sin y con proyecto, ya que está dirigido específicamente actividades de agricultura y ganadería, con potencial en cadenas de valor de producción.

El módulo de actividad descrito en la Tabla 5 debe ser empleado con el marco metodológico. Ambas metodologías deben ser usadas en conjunto.

Tabla 5. Potenciales metodologías GS4GG.

Descripción		Metodología	
		Marco metodológico COS	Módulo de actividad para mejora de prácticas de labranza
Actividad final de proyecto	Reducir emisiones del sector agrícola	x	x
	Reducir emisiones del sector ganadero	x	
	Reducir emisiones del sector forestal		
Actividades permitidas		Amplio rango de actividades, desde pequeña escala a proyectos industriales. No está limitada a un conjunto específico de actividades de proyecto.	Labranza de impacto reducido causando menor perturbación del suelo que las formas convencionales de labranza. Al menos el 30% de la superficie del suelo permanece cubierta por residuos para reducir la erosión del suelo.
Condiciones de aplicabilidad		<ul style="list-style-type: none"> - El proyecto es elegible en todo el mundo. - El área de proyecto no debe ser húmedales ni bosques al inicio del proyecto. - No debe haber quema de biomasa para la preparación del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades en suelos orgánicos son ilegibles. Toda actividad de proyecto debe ser en suelos minerales. - Tierras de cultivo manejado deben haber estado en funcionamiento durante al menos 5 años antes del proyecto

¹⁵ Soil carbon tool. Disponible en <https://globalgoals.goldstandard.org/soil-carbon/>

Descripción		Metodología	
		Marco metodológico COS	Módulo de actividad para mejora de prácticas de labranza
		<ul style="list-style-type: none"> - Las actividades del proyecto no deben cambiar los regímenes de agua. - Las tierras de cultivo manejado deben haber estado en funcionamiento durante al menos 5 años antes del inicio de implementación del proyecto. - Las actividades del proyecto no darán lugar a cambios en el uso de la tierra. - No habrá reducción significativa (máximo 5%) en el rendimiento de los cultivos. 	<p>Implementación.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se aplican métodos de labranza de conservación, es decir, formas de labranza mínima o reducida, en las que se dejan residuos, <i>mulch</i> o césped en la superficie del suelo para protegerlo y conservar la humedad. Al menos el 30% de la superficie del suelo permanece cubierta por residuos para reducir la erosión del suelo por agua.
Herramienta de modelamiento		<p>Presenta 3 enfoques:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tomar medidas in situ para documentar la línea de base y el escenario con proyecto - Utilizar publicaciones revisadas para cuantificar la línea base y los niveles de existencias de COS del proyecto. - Aplicar factores por defecto para cuantificar los cambios de COS, descrito en las Directrices del IPCC para el Invernadero Nacional Inventarios de gas (IPCC 2019) utilizando el enfoque de nivel 2 cuando sea posible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se puede usar cualquier de los 3 enfoques descritos en el marco metodológico. - El periodo crediticio del proyecto es 10 años y no puede ser renovado.
Reservorios incluidos	Arriba del suelo	No incluido	No incluido
	Abajo del suelo	No incluido	No incluido
	Madera muerta	No incluido	No incluido
	Hojarasca	No incluido	No incluido
	Carbono Orgánico del suelo	Incluido (principal reserva de carbono)	Incluido (principal reserva de carbono)
	Productos maderables	No incluido	No incluido
Fuentes de emisión	Uso de fertilizantes	La inclusión de otros gases como Metano (CH ₄) u óxido nitroso (N ₂ O) dependen de los respectivos módulos de actividad. Es necesario contabilizar las emisiones si son >5% del total (tCO ₂) debido a la actividad del proyecto.	La inclusión de otros gases como Metano (CH ₄) u óxido nitroso (N ₂ O) dependen de los respectivos módulos de actividad. Es necesario contabilizar las emisiones si son >5% del total (tCO ₂) debido a la actividad del proyecto.
	Uso de especies fijadoras de nitrógeno	La inclusión de otros gases como Metano (CH ₄) u óxido nitroso (N ₂ O) dependen de los respectivos módulos de actividad. Es necesario contabilizar las emisiones si son	No incluido

Descripción		Metodología	
		Marco metodológico COS	Módulo de actividad para mejora de prácticas de labranza
		>5% del total (tCO ₂) debido a la actividad del proyecto.	
	Quema de biomasa	La inclusión de otros gases como Metano (CH ₄) u óxido nitroso (N ₂ O) dependen de los respectivos módulos de actividad. Es necesario contabilizar las emisiones si son >5% del total (tCO ₂) debido a la actividad del proyecto.	No incluido
	Quema de combustibles fósiles	La inclusión de otros gases como Metano (CH ₄) u óxido nitroso (N ₂ O) dependen de los respectivos módulos de actividad. Es necesario contabilizar las emisiones si son >5% del total (tCO ₂) debido a la actividad del proyecto.	La inclusión de otros gases como Metano (CH ₄) u óxido nitroso (N ₂ O) dependen de los respectivos módulos de actividad. Es necesario contabilizar las emisiones si son >5% del total (tCO ₂) debido a la actividad del proyecto.
Límite del proyecto	Áreas continuas	x	x
	Áreas no continuas	x	x
Fugas	Incluido	En el área de fugas se debe cuantificar los reservorios de biomasa arriba y abajo del suelo.	En el área de fugas se debe cuantificar los reservorios de biomasa arriba y abajo del suelo.
Monitoreo	Incluido	Anual y en cada evento de verificación	Anual y en cada evento de verificación
Estratificación	Incluido	MU (<i>Modelling Units</i>) dependiendo por ejemplo del tipo del suelo, zonas climáticas, manejo del suelo, fertilización.	MU (<i>Modelling Units</i>) dependiendo por ejemplo del tipo del suelo, zonas climáticas, manejo del suelo, fertilización.

Fuente: Elaboración propia.

5.1. Selección metodología(s) más apropiada para la RBSM

Escenario 1: cuantificación de COS en un escenario de implementación de actividades agrícolas.

En base al análisis de potenciales metodologías para la cuantificación de COS, la metodología VCS VM0021 sería la más apropiada para la RBSM, debido a que permite la inclusión de más reservorios de carbono (biomasa arriba del suelo, biomasa abajo del suelo). Los valores para ambos sumideros de carbono deben ser obtenidos siguiendo los lineamientos y la línea base del programa de reducción de emisiones.

El Plan Maestro de la RBSM incluye las actividades de reforestación y recuperación del bosque a través de incentivos forestales como PINPEP (Programa de incentivos para pequeños poseedores de tierras de vocación forestal o agroforestal) o PROBOSQUE (Ley de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala); y promueve la certificación forestal con el objetivo de que un porcentaje de los recursos se inviertan en el área protegida (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2017). Por lo cual, la cuantificación de biomasa leñosa en el área del proyecto, traducida en adicionales créditos de carbono, podría generar mayores ingresos económicos al proyecto.

Escenario 2: cuantificación de COS en un escenario de implementación de actividades REDD+ y actividades agrícolas.

Por otro lado, VCS acepta que múltiples actividades de proyecto puedan ser desarrolladas en la misma región de referencia. Por lo cual, una segunda opción sería el uso de la actividad de REDD+, en conjunto con la metodología VM0017. Esta unión permite cuantificar reducción de emisiones de carbono provenientes de la reducción de deforestación y degradación, así como de la adopción de mejores prácticas de agricultura, lo que podría beneficiar a cadenas de valor agrícolas como el café, cacao, cardamomo y maíz. Sin embargo, los retos en temas técnicos, administrativos, monitoreos, posible superposición de áreas y manejo de diferentes metodologías, entre otros elementos deben ser considerados y analizados en mayor profundidad.

La metodología de GS4GG por el momento solo incluye actividades para mejora de prácticas de labranza, lo que podría limitar el área del proyecto, así como el potencial de reducción de emisiones. Además, no permite el cambio de uso de suelo y no cuantifica biomasa leñosa; ambos importantes para el desarrollo del proyecto.

6. Proyección cálculo de carbono escenarios (1 y 2) a 20 años

Acumular carbono en el suelo es una manera de aumentar los sumideros de carbono y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, además de contribuir a la mitigación del cambio climático. Las acciones pueden estar destinadas a proteger las reservas existentes de carbono en el suelo, o a reconstruir/ incrementar las reservas que han sido agotadas debido al uso insostenible del suelo (Bossio *et al.*, 2020; Carbon180, 2020).

La proyección de cálculo de carbono en toda el área de la RBSM se hizo para dos escenarios: (1) potencial captura y almacenamiento de COS, y (2) proteger las reservas existentes de COS. No se contó con información al detalle para modelar el primer escenario para las áreas bajo administración de FDN y CONAP, por lo que se trabajó con el área total de la RBSM.

6.1. Escenario 1: Potencial de captura y almacenamiento de COS

Línea base

La línea base de todo proyecto de carbono suele describirse como el caso de "*business-as-usual*" o la cantidad de GEI que se emitiría si el proyecto no se llevara a cabo.

En los proyectos de carbono en el suelo, las reservas de carbono en la línea base pueden ir en cualquier dirección a lo largo del tiempo, pero normalmente la línea de base es un escenario de degradación. Esta degradación se detiene o es invertida por la intervención del proyecto (restauración) o evitada (conservación).

La línea base puede presentar tres tendencias generales: una disminución de las reservas de carbono ("*declining*"), un aumento ("*increasing*") de las reservas, o que las reservas de carbono permanecen constantes (Figura 3 **Error! Reference source not found.**). En un escenario de conservación, se prevé que las reservas de carbono disminuyan (Figura 3A), la intervención con actividades de proyecto evita una reducción total, ya sea manteniendo constantes las reservas de carbono, o reduciendo el ritmo de pérdida de las reservas. En ambos casos, hay un resultado positivo neto. Por otro lado, en la restauración (Figura 3B), las reservas de carbono pueden estar a un nivel bajo, como resultado de uno o más eventos de degradación, o las reservas pueden seguir disminuyendo debido a intervenciones no sostenibles. Las actividades de proyecto no sólo aumentan las reservas de carbono en el suelo, sino que también evitan que se produzca más pérdidas (von Unger & Emmer, 2018).

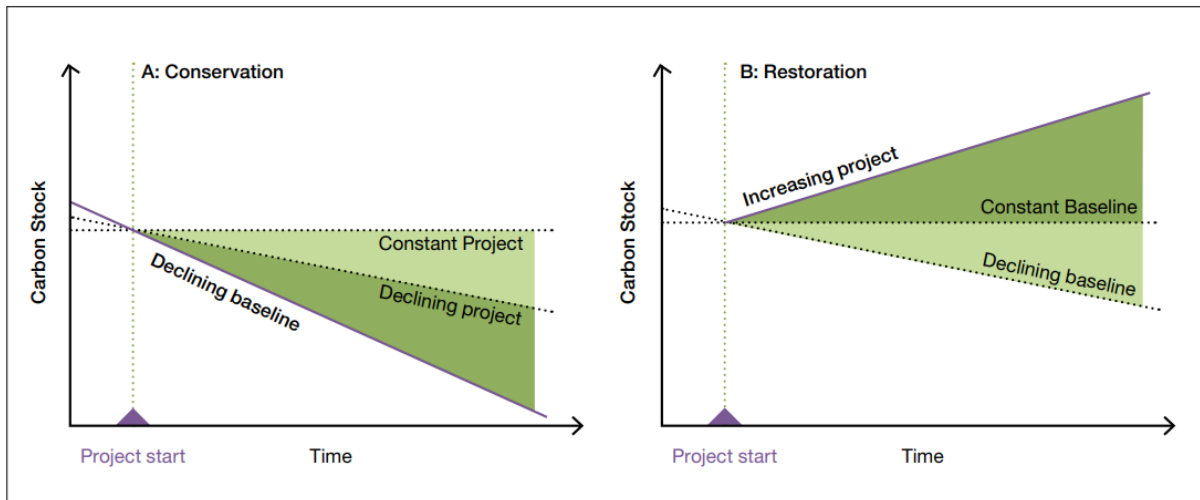


Figura 3. Potenciales escenarios resultantes de la implementación de las actividades de proyecto.
Fuente: von Unger & Emmer (2018).

El cambio en el COS depende del tipo de proyecto y actividades de conservación y manejo de los recursos naturales que se realizarán en la RBSM. La Tabla 6 muestra valores referenciales que se pueden utilizar para calcular el potencial de carbono almacenado dependiendo del uso de suelo en la línea base y de las actividades de proyecto.

Tabla 6. Ejemplos de línea base y potenciales actividades de proyecto que afectan el COS.

Línea base	Actividades de proyecto	Valores referencia de COS (tCO ₂ e/ha/año)
Bosques nativos (no manejados) y pastizales	Evitar la conversión y la degradación de los ecosistemas nativos	- 1.8 - <7.3 ¹⁶
Tierras degradadas o marginales	Conversión a bosques permanentes o sistema de pastizales	Hasta 2.9 para reforestación 2.0 para pastizales
Suelos orgánicos drenados y cultivados	Restauración de humedales (<i>wetland</i>)	0 ¹⁷
Pastoreo no manejado o no sostenible	Intensidad óptima de pastoreo	0.2
Pastos degradados	Especies fijadoras de nitrógeno en los pastos	2.1
Labranza intensiva	Reducir o detener la labranza (<i>tillage</i>), implementar la retención de residuos	1.2

¹⁶ El valor negativo se refiere a las emisiones evitadas de COS.

¹⁷ Valor de carácter conservador.

Línea base	Actividades de proyecto	Valores referencia de COS (tCO ₂ e/ha/año)
Cultivos de bajo residuo	-Plantas perennes en tierras de cultivo	1.5 ¹⁸
	- Cortavientos	0.7
	- Cultivo en callejones	4.4 ¹⁹
	- Regeneración natural	1.5
- Deficiencia grave de nutrientes - Extenso barbecho sin cobertura de suelo - Tierras agrícolas degradadas	Agricultura de conservación o Manejo Sostenible de Tierras Agrícolas	1.2
Enmiendas orgánicas externas	Añadir enmiendas como abono (<i>compost</i>) y biocarbón (<i>biochar</i>)	0.7

Fuente: Gold Standard (2018).

La proyección de los cálculos de carbono se realizó siguiendo el marco metodológico general de Gold Standard, debido que permite usar diferentes enfoques de acuerdo a la información disponible. En este caso, el área elegible son las tierras de cultivo y pastizales al inicio del proyecto.

Cálculo de línea base

Las existencias de COS en la línea base es calculado como la suma de las existencias en cada estrato multiplicada por el área del estrato, acorde a la siguiente fórmula:

Ecuación 1:

$$SOC_{BL} = \sum_{y=1}^n (SOC_{BL,y} \times A_y)$$

Donde:

SOC_{BL} = carbono orgánico del suelo en el área elegible del proyecto antes del inicio del proyecto [tC]

$SOC_{BL,y}$ = carbono orgánico del suelo en el estrato "y" antes del inicio del proyecto [tC ha⁻¹]

A_y = área del estrato "y" antes del inicio del proyecto [ha]

Cálculo de escenario de proyecto

Para toda la zona del proyecto elegible, las existencias de COS en el momento "t" se calculan como la suma de las existencias en cada estrato multiplicada por el área del estrato, acorde a la siguiente fórmula:

¹⁸ Incluye también la rotación de plantas perennes, uso de agroforestería y el uso de especies con altos insumos de C, cultivos de cobertura.

¹⁹ Incluye el carbono en árboles.

Ecuación 2:

$$SOC_t = \sum_{y=1}^n (SOC_{t,y} \times A_y)$$

Donde:

SOC_t = carbono orgánico del suelo en el área elegible del proyecto a un tiempo "t" [tC]

$SOC_{t,y}$ = carbono orgánico del suelo en el estrato "y" a un tiempo "t" [tC ha⁻¹]

A_y = área del estrato "y" a un tiempo "t" [ha]

El cambio neto en el reservorio de COS es definido como el aumento de COS menos las emisiones del proyecto y los posibles efectos de fuga de las emisiones, según la siguiente ecuación.

Ecuación 3:

$$ER_{t-0} = \left[\left(\Delta C_{SOC,t-0} \times \frac{44}{12} \right) - PE_{t-0} - LK_{t-0} \right] \times (1 - BUF)$$

Donde:

ER_{t-0} = reducciones de emisiones que se emitirán para el período de cálculo [tCO₂e].

$\Delta C_{SOC,t-0}$ = cambio en las reservas de carbono en los suelos minerales en el período de cálculo [tC]

44/12 = Relación de masa molecular de CO₂ a C [tCO₂e tC⁻¹]

PE_{t-0} = emisiones adicionales debidas a la actividad de proyecto en el período de cálculo [tCO₂e].

LK_{t-0} = fugas de emisiones debidas a la actividad de proyecto en el período de cálculo [tCO₂e].

BUF = fracción de amortiguamiento de cumplimiento [sin dimensiones].

No se requiere una contribución al BUF de acuerdo a Gold Standard para actividades que implican reducción de emisiones de COS ($BUF = 0$).

6.1.1. Supuestos para el cálculo de remoción de emisiones de la RBSM

La cuantificación de carbono almacenado en el suelo está basada en los siguientes supuestos:

- El número de hectáreas (Tabla 7) y uso del suelo fueron obtenidos de la información digital (archivos en formato Shapefile) del Uso de la Tierra 2012 (Figura 4). Debido a que no se cuenta con información detallada para el área bajo administración de FDN y CONAP, el modelamiento se hizo para toda el área de la Reserva de Biósfera con uso de suelo agrícola y ganadero.

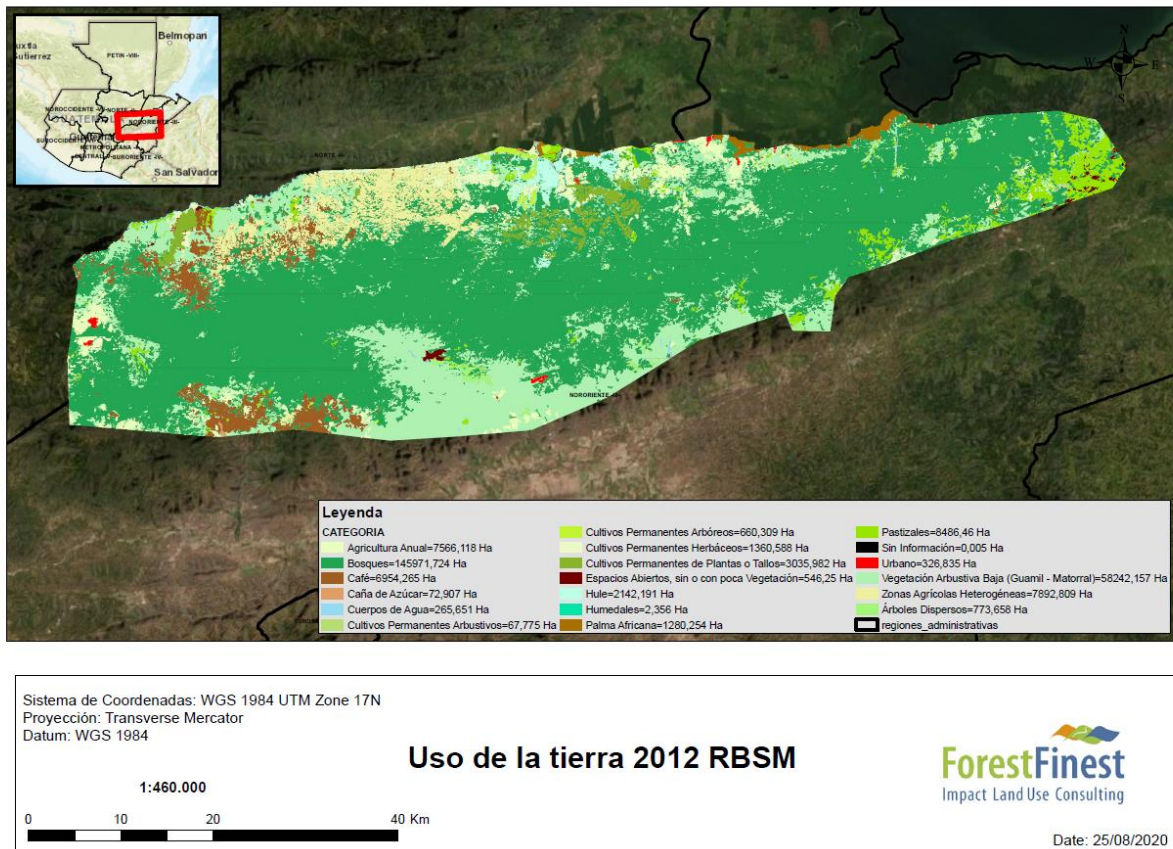


Figura 4. Mapa de cobertura vegetal y uso actual de la tierra en la RBSM.
Fuente: ForestFinest basado en el Uso de la Tierra 2012 (FDN).

Tabla 7. Estrato de uso del suelo en la RBSM.

Estrato	Áreas (ha)
Agricultura anual	7,566
Café	6,954
Caña de azúcar	73
Espacios abiertos (sin o con poca vegetación)	546
Pastizales	8,486
Zonas agrícolas heterogéneas	7,893
Cultivos permanentes arbustivos	68
Cultivos permanentes de plantas o tallos	3,036
Cultivos permanentes herbáceos	1,361
Cultivos permanentes arbóreos	660
Total	36,643

Fuente: Fundación Defensores de la Naturaleza (2017).

- El COS en la línea base del proyecto es igual a la multiplicación del área del estrato por las tCO₂ de cada estrato al inicio del proyecto (Tabla 8). Los valores de COS en la línea base provienen del estudio realizado por Mayen Chávez (2013) en la RBSM (Ver Tabla 3). Debido a que se cuenta con información limitada y no se tienen los valores para cada estrato específico, se modeló la línea base siguiendo un enfoque conservador teniendo en cuenta que:
 - Agricultura anual y zonas agrícolas heterogéneas toman los valores de COS para “no bosque – maíz”.
 - Café y cultivos perennes arbóreos tienen como COS inicial el valor de “no bosque – café”.
 - Espacios abiertos se asumió como tierras degradadas presentando una reserva de carbono igual a cero.
 - Cultivos perennes arbustivos, cultivos perennes de plantas o tallos, cultivos perennes herbáceos, y caña de azúcar tienen un COS inicial equivalente a “no bosque – cardamomo”.

Tabla 8. Línea base del proyecto.

Estrato	Áreas (ha)	Línea base (tCO ₂ /ha)	COS línea base (tCO ₂)
Agricultura anual	7,566	406.71	3,077,190.63
Café	6,954	197.38	1,372,609.64
Caña de azúcar	73	207.61	15,135.98
Espacios abiertos (sin o con poca vegetación)	546	-	-
Pastizales	8,486	136.07	1,154,752.61
Zonas agrícolas heterogéneas	7,893	406.71	3,210,058.04
Cultivos permanentes arbustivos	68	207.61	14,070.54
Cultivos permanentes de plantas o tallos	3,036	207.61	630,290.10
Cultivos permanentes herbáceos	1,361	207.61	282,467.14
Cultivos permanentes arbóreos	660	197.38	130,329.59
Total	36,643		9,886,904.28

Fuente: Elaboración propia basado en datos de Fundación Defensores de la Naturaleza (2017).

- Para modelar el escenario con proyecto, se asumió que las actividades de proyecto están enfocadas a la conservación de suelo para forestería, agricultura y ganadería (Tabla 9). Se tomaron valores conservativos de captura de carbono para las potenciales actividades. El COS en el escenario de proyecto es el resultado de la multiplicación del área de cada estrato por el aumento total, teniendo en cuenta los valores de inicio de COS en la línea base.

Tabla 9. Potenciales actividades de proyecto para cada estrato.

Estrato	Potenciales actividades de proyecto	Áreas (ha)	Captura de carbono (tCO ₂ /ha/año)	Aumento de COS en escenario con proyecto (tCO ₂ /ha)	COS proyecto (tCO ₂)
Agricultura anual	Acciones de conservación de suelo, labranza de conservación, rotación de cultivos, cobertura de suelo	7,566	1.2	24	3,258,777.46
Café	Utilizar enmiendas como abono y potencialmente biocarbón (biochar)	6,954	0.7	14	1,469,969.35
Caña de azúcar	Utilizar enmiendas como abono y potencialmente biocarbón (biochar)	73	0.7	14	16,156.68
Espacios abiertos (sin o con poca vegetación)	Reforestación, instalación de cultivos permanentes	546	2.9	58	31,682.50
Pastizales	Introducir especies fijadoras de nitrógeno, sistema de pastizales y sistemas silvopastoriles	8,486	2	40	1,494,211.01
Zonas agrícolas heterogéneas	Acciones de conservación de suelo, labranza de conservación, rotación de cultivos, cobertura de suelo	7,893	1.2	24	3,399,485.46
Cultivos permanentes arbustivos	Reforestación, cortavientos, agricultura de conservación, utilizar enmiendas como abono y biocarbón (biochar)	68	0.7	14	15,019.39
Cultivos permanentes de plantas o tallos	Reforestación, cortavientos, agricultura de conservación, utilizar enmiendas como abono y biocarbón (biochar)	3,036	0.7	14	672,793.85
Cultivos permanentes herbáceos	Reforestación, cortavientos, agricultura de conservación, utilizar enmiendas como abono y biocarbón (biochar)	1,361	0.7	14	301,515.37
Cultivos permanentes arbóreos	Reforestación, cortavientos, agricultura de conservación, utilizar enmiendas como abono y biocarbón (biochar)	660	0.7	14	139,573.92
Total		36,643			10,799,184.99

Fuente: Gold Standard (2018).

- Para el cálculo final, se omitió la cuantificación de emisiones adicionales debido a las actividades de proyecto provenientes de fertilizantes, quemas agrícolas, otros; debido a la limitada información. Igualmente, se asumió que no existen fugas debido a las actividades de proyecto. Por lo cual, ambos valores son equivalentes a cero.

6.1.2. Reducción de emisiones en el compartimiento de suelo

El potencial de reducción de emisiones provenientes de la implementación de prácticas de conservación y manejo del suelo para las actividades de proyecto es de 912,280 tCO₂ para toda el área de la RBSM para un periodo de 20 años (Tabla 10). Este valor es el resultado de la diferencia entre el COS en el escenario de proyecto y el COS en la línea base. El resultado final dependerá de la efectividad de las actividades y acciones a implementar.

Tabla 10. Potencial de reducción de emisiones para la RBSM a 20 años.

Estrato	Potenciales actividades de proyecto	Áreas (ha)	COS línea base (tCO ₂)	COS escenario proyecto (tCO ₂)	Potencial total remoción COS (tCO ₂)
Agricultura anual	Acciones de conservación de suelo, labranza de conservación, rotación de cultivos, cobertura de suelo	7,407	3,077,190.63	3,258,777.46	181,586.83
Café	Utilizar enmiendas como abono y potencialmente biocarbón (biochar)	6,799	1,372,609.64	1,469,969.35	97,359.71
Caña de azúcar	Utilizar enmiendas como abono y potencialmente biocarbón (biochar)	71	15,135.98	16,156.68	1,020.70
Espacios abiertos (sin o con poca vegetación)	Reforestación, instalación de cultivos permanentes	758	-	31,682.50	31,682.50
Pastizales	Introducir especies fijadoras de nitrógeno y sistema de pastizales	8,325	1,154,752.61	1,494,211.01	339,458.40
Zonas agrícolas heterogéneas	Acciones de conservación de suelo, labranza de conservación, rotación de cultivos, cobertura de suelo	7,722	3,210,058.04	3,399,485.46	189,427.42
Cultivos permanentes arbustivos	Reforestación, cortavientos, agricultura de conservación, utilizar enmiendas como abono y biocarbón (biochar)	67	14,070.54	15,019.39	948.85
Cultivos permanentes de plantas o tallos	Reforestación, cortavientos, agricultura de conservación, utilizar enmiendas como abono y biocarbón (biochar)	2,972	630,290.10	672,793.85	42,503.75

Estrato	Potenciales actividades de proyecto	Áreas (ha)	COS línea base (tCO ₂)	COS escenario proyecto (tCO ₂)	Potencial total remoción COS (tCO ₂)
Cultivos permanentes herbáceos	Reforestación, cortavientos, agricultura de conservación, utilizar enmiendas como abono y biocarbón (biochar)	1,331	282,467.14	301,515.37	19,048.23
Cultivos permanentes arbóreos	Reforestación, cortavientos, agricultura de conservación, utilizar enmiendas como abono y biocarbón (biochar)	647	130,329.59	139,573.92	9,244.33
Total		35,896	9,886,904.28	10,799,184.99	912,280.71

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Escenario 2: Proteger las reservas existentes de COS

Este escenario simula la implementación de un proyecto REDD+ enfocado en la conservación del reservorio de carbono orgánico en el suelo.

6.2.1. Potencial de reducción de emisiones por deforestación y degradación de bosques en relación al COS

Los diferentes estratos de la RBSM presentan un contenido de carbono en el suelo entre 27.16 y 67.93 tC/ha. El carbono total almacenado en el suelo en las áreas bajo administración de FDN y CONAP es de 2,084,202.9 toneladas C (Tabla 11); mientras que en toda el área de la Reserva de Biósfera es de 10,422,600.81 toneladas C (Tabla 12).

Luego de un evento de deforestación o cambio de uso del suelo, el carbono orgánico almacenado en el suelo es liberado gradualmente por los siguientes 20 años hasta alcanzar un equilibrio (IPCC, 2003). La columna “Carbono por estrato” presenta los valores anuales de almacenamiento/pérdida de carbono.

Tabla 11. Resumen de contenido de carbono orgánico en el suelo (tC/ha) en áreas de CONAP y FDN.

Estratos de Carbono	Área de CONAP y FDN (ha)	Carbono t/ha	Carbono por estrato (tC/ha/año)	Carbono almacenado (tC/año)
BHS/AMC	824.53	27.16	1.36	22,394.23
BMHS/AEG	1,878.15	32.53	1.63	61,096.22
BMHS/AMC	4,505.82	29.02	1.45	130,758.90
BMHS/CC	19,252.36	50.49	2.52	972,051.66
BMHS/GMO	128.75	38.72	1.94	4,985.20
BPM/AMC	11,921.68	55.62	2.78	663,083.84

Estratos de Carbono	Área de CO-NAP y FDN (ha)	Carbono t/ha	Carbono por estrato (tC/ha/año)	Carbono almacenado (tC/año)
BPM/CC	2,630.96	61.52	3.08	161,856.66
BPM/GMO	1,000.68	67.93	3.40	67,976.19
Total	42,142.93		18.15	2,084,202.90

Fuente: Buch (2017).

Los cálculos de la reducción de emisiones de COS se realizaron en base al trabajo implementado por Buch (2017) y Mayen Chávez (2013); los cuales definieron dos criterios: un enfoque conservador²⁰ y un enfoque ajustado. Además, se estima que la pérdida de carbono en el suelo es gradual durante 20 años.

Tabla 12. Resumen de contenido de carbono (tC/ha) en la RBSM.

Estratos de Carbono	Área de RBSM (ha)	Carbono t/ha	Carbono por estrato (tC/ha/año)	Carbono almacenado (tC/año)
BHS/AMC	26,853.13	27.16	1.36	729,331.01
BMHS/AEG	27,447.65	32.53	1.63	892,872.05
BMHS/AMC	43,760.04	29.02	1.45	1,269,916.36
BMHS/CC	91,926.69	50.49	2.52	4,641,378.58
BMHS/GMO	2,522.13	38.72	1.94	97,656.87
BPM/AMC	31,252.11	55.62	2.78	1,738,242.36
BPM/CC	9,422.79	61.52	3.08	579,690.04
BPM/GMO	6,970.61	67.93	3.40	473,513.54
Total	240,155.15		18.15	10,422,600.81

Fuente: Buch (2017).

En la Tabla 13 y Tabla 15 se usó el enfoque conservador, en el cual se asume el valor más bajo de carbono almacenado en el suelo para las estimaciones de carbono. Los resultados muestran un potencial de reducción de emisiones de 111,775 tCO₂ y 799,930 tCO₂ para las áreas de FDN – CONAP y el área total de la RBSM, respectivamente.

La Tabla 14 y Tabla 16 muestran el enfoque ajustado, donde se usó un valor promedio de contenido de COS. Los valores resultantes son 186,732 tCO₂ y 1,336,370 tCO₂ para las áreas de FDN – CONAP y el área total de la RBSM, respectivamente.

Los valores de deforestación futura (proyectada) fueron tomados de Buch (2017).

²⁰ Bajo los principios de garantía de calidad de VCS, se establece que los proyectos de carbono deben seguir un enfoque conservador, lo que significa usar supuestos, valores y procedimientos conservadores para asegurar que no se sobreestime la reducción de emisiones. Link disponible en <https://verra.org/project/vcs-quality-assurance-principles/>

Tabla 13. Estimación de reducción de emisiones para las áreas de FDN / CONAP – Enfoque conservador.

Años	Área de bosque CONAP-FDN proyecto REDD+ (ha)	Efectividad del 50% en reducción de deforestación (ha)	Carbono almacenado (tC/año/ha)	Carbono almacenado (tC) acumulado	Contribución total tCO ₂ -eq
1	157	78	1.35	106	390
2	266	133	2.71	362	1,327
3	376	188	4.07	767	2,811
4	486	243	5.43	1,321	4,843
5	596	298	6.79	2,024	7,421
6	706	353	8.14	2,877	10,547
7	816	408	9.50	3,878	14,221
8	926	463	10.86	5,029	18,441
9	1,036	518	12.22	6,330	23,209
10	1,146	573	13.58	7,779	28,524
11	1,256	628	14.93	9,378	34,387
12	1,366	683	16.29	11,126	40,796
13	1,475	738	17.65	13,024	47,753
14	1,585	793	19.01	15,070	55,257
15	1,695	848	20.37	17,266	63,309
16	1,805	903	21.72	19,611	71,907
17	1,915	958	23.08	22,105	81,053
18	2,025	1,012	24.44	24,749	90,747
19	2,135	1,067	25.80	27,542	100,987
20	2,245	1,122	27.16	30,484	111,775

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Estimación de reducción de emisiones para las áreas de FDN / CONAP – Enfoque ajustado.

Años	Área de bosque CO-NAP-FDN proyecto REDD+ (ha)	Efectividad del 50% en reducción de deforestación (ha)	Carbono almacenado (tC/año/ha)	Carbono almacenado (tC) acumulado	Contribución total tCO ₂ -eq
1	157	78	2.27	178	651
2	266	133	4.54	604	2,216
3	376	188	6.81	1,281	4,696
4	486	243	9.07	2,206	8,090
5	596	298	11.34	3,381	12,398
6	706	353	13.61	4,806	17,621
7	816	408	15.88	6,479	23,757
8	926	463	18.15	8,402	30,808

Años	Área de bosque CO-NAP-FDN proyecto REDD+ (ha)	Efectividad del 50% en reducción de deforestación (ha)	Carbono almacenado (tC/año/ha)	Carbono almacenado (tC) acumulado	Contribución total tCO ₂ .eq
9	1,036	518	20.42	10,575	38,773
10	1,146	573	22.69	12,996	47,653
11	1,256	628	24.96	15,667	57,447
12	1,366	683	27.22	18,588	68,155
13	1,475	738	29.49	21,757	79,777
14	1,585	793	31.76	25,176	92,313
15	1,695	848	34.03	28,845	105,764
16	1,805	903	36.30	32,763	120,129
17	1,915	958	38.57	36,930	135,408
18	2,025	1,012	40.84	41,346	151,602
19	2,135	1,067	43.11	46,012	168,710
20	2,245	1,122	45.37	50,927	186,732

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Estimación de reducción de emisiones para la RBSM – Enfoque conservador.

Años	Área de bosque RBSM proyecto REDD+ (ha)	Efectividad del 50% en reducción de deforestación (ha)	Carbono almacenado (tC/año/ha)	Carbono almacenado (tC) acumulado	Contribución total tCO ₂ .eq
1	1,034	517	1.35	702	2,574
2	1,825	913	2.71	2,478	9,087
3	2,616	1,308	4.07	5,329	19,539
4	3,407	1,704	5.43	9,253	33,929
5	4,198	2,099	6.79	14,252	52,258
6	4,989	2,495	8.14	20,325	74,526
7	5,780	2,890	9.50	27,472	100,732
8	6,572	3,286	10.86	35,699	130,897
9	7,363	3,682	12.22	44,995	164,983
10	8,154	4,077	13.58	55,366	203,007
11	8,945	4,473	14.93	66,810	244,971
12	9,736	4,868	16.29	79,329	290,873
13	10,527	5,264	17.65	92,922	340,713
14	11,318	5,659	19.01	107,589	394,493
15	12,109	6,055	20.37	123,330	452,211
16	12,900	6,450	21.72	140,146	513,867
17	13,692	6,846	23.08	158,047	579,505
18	14,483	7,242	24.44	177,011	649,041

Años	Área de bosque RBSM proyecto REDD+ (ha)	Efectividad del 50% en reducción de deforestación (ha)	Carbono almacenado (tC/año/ha)	Carbono almacenado (tC) acumulado	Contribución total tCO ₂ -eq
19	15,274	7,637	25.80	197,050	722,516
20	16,065	8,033	27.16	218,163	799,930

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Estimación de reducción de emisiones para la RBSM – Enfoque ajustado.

Años	Área de bosque RBSM proyecto REDD+ (ha)	Efectividad del 50% en reducción de deforestación (ha)	Carbono almacenado (tC/año/ha)	Carbono almacenado (tC) acumulado	Contribución total tCO ₂ -eq
1	1,034	517	2.27	1,173	4,301
2	1,825	913	4.54	4,140	15,181
3	2,616	1,308	6.81	8,902	32,642
4	3,407	1,704	9.07	15,459	56,682
5	4,198	2,099	11.34	23,810	87,303
6	4,989	2,495	13.61	33,955	124,503
7	5,780	2,890	15.88	45,896	168,284
8	6,572	3,286	18.15	59,639	218,677
9	7,363	3,682	20.42	75,170	275,622
10	8,154	4,077	22.69	92,494	339,146
11	8,945	4,473	24.96	111,614	409,250
12	9,736	4,868	27.22	132,528	485,935
13	10,527	5,264	29.49	155,236	569,199
14	11,318	5,659	31.76	179,739	659,043
15	12,109	6,055	34.03	206,037	755,467
16	12,900	6,450	36.30	234,129	858,471
17	13,692	6,846	38.57	264,034	968,126
18	14,483	7,242	40.84	295,717	1,084,294
19	15,274	7,637	43.11	329,193	1,207,042
20	16,065	8,033	45.37	364,465	1,336,370

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2. Implementación de un proyecto REDD+ y actividades de conservación de suelo en zonas agrícolas en relación al almacenamiento y captura de COS

El área de la RBSM cuenta con una herramienta de cálculo y visualización de Niveles de Referencia para las emisiones netas de CO₂. Este valor incluye emisiones por deforestación y degradación de bosques²¹; así como absorciones producto del aumento de existencias de reservas de carbono forestal por restauración de bosques naturales y plantaciones forestales.

La base para el desarrollo de la Herramienta es el análisis de puntos Collect Earth utilizado para la construcción de los Niveles de Referencia de la Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de bosques (EN-REDD+) y del Programa de Reducción de Emisiones de Guatemala para el Fondo de Carbono del FCPF (Forest Carbon Partnership Facility por sus siglas en inglés), lo que garantiza la alineación del Proyecto Sierra de las Minas con el esquema nacional.

A través de la herramienta Power Bi, se calculó que el potencial de REDD para la RBSM es de 39,584 tCO₂/año.

Teniendo en cuenta este dato, así como los cálculos realizados en los pasos anteriores (1 y 2), se modelaron dos escenarios con proyecto basado en actividades REDD y conservación de suelo a través de prácticas agrícolas y ganaderas²². Además, se asume un índice de efectividad del proyecto de 50%, debido a que la implementación de actividades depende de factores económicos y sociales, y de la participación de todos los actores y comunidades dentro del área de la RBSM.

La

Tabla 17 y Tabla 18 presentan las siguientes columnas:

- *Potencial REDD COS RBSM*: se refiere al valor potencial de COS en los estratos de bosque considerando un proyecto de REDD. Se presenta el modelamiento para dos enfoques: enfoque conservativo donde se usan los mínimos valores de COS para proyectos REDD, y enfoque ajustado donde se emplean los valores promedios de COS para los distintos estratos de bosque.
- *Potencial FCPF*: describe el potencial de reducción de emisiones incluyendo los compartimientos arriba del suelo y abajo del suelo. Como se mencionó, este valor es 39,584 tCO₂/año. Sin embargo, para uniformizar los datos, se asume que la efectividad del potencial de reducción de emisiones en 50%. Por lo que el valor utilizado sería 19,792 tCO₂/año.
- *Potencial COS RBSM*: está asociado al valor total de captura de carbono en las zonas agrícolas y ganaderas al implementar las actividades de conservación de suelos en las distintas actividades de proyecto. Se sigue un enfoque conservador y se asume que la efectividad de implementación del proyecto es del 50% considerando la extensión del territorio y diversidad en términos sociales, culturales y económicos.

²¹ Link herramienta Power Bi:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojODBiMWY0OTQzZW3Yy00YyWJLWE1ZmQtYWYwODIINDk2ZWNmli-widCI6IjhmYmFhNWJmLTJiY2MtNGRjOC1iNTZiLTNmOTJlMzA3ZjA3NiIsImMiOiR9>

²² Se debe tener en cuenta que no se tiene información suficiente para modelar la reducción de emisiones en áreas únicamente bajo administración de FDN y CONAP. Por lo que, se modeló para toda el área de la RBSM.

- *Potencial total*: es la suma acumulada de los 3 puntos descritos anteriormente.
- *Ingreso*: se asumió un valor promedio de 5 USD en base a Ecosystem Marketplace²³, World Bank²⁴, y experiencia del equipo CO₂OL²⁵ en venta de créditos de carbono.

Bajo un enfoque conservador, el potencial de reducción de emisiones es de 1,651,910 tCO₂ para 20 años de implementación de proyecto. Los ingresos totales bajo de este escenario es de 8,259,551 USD (

Tabla 17). En un enfoque ajustado, la reducción de emisiones es de 2,188,351 CO₂, con un ingreso total de 10,941,754 USD para el periodo de proyecto (Tabla 18).

Tabla 17. Potencial total de COS para proyecto REDD y conservación de suelo – enfoque conservador.

Años	Potencial REDD COS RBSM (tCO ₂)	Potencial REDD FCPF RBSM (tCO ₂)	Potencial COS RBSM (tCO ₂)	Potencial total (tCO ₂)	Ingreso (USD)
1	2,574	19,792	22,807	45,173	225,867
2	9,087	39,584	45,614	94,285	471,427
3	19,539	59,376	68,421	147,336	736,680
4	33,929	79,168	91,228	204,325	1,021,626
5	52,258	98,960	114,035	265,253	1,326,266
6	74,526	118,752	136,842	330,120	1,650,599
7	100,732	138,544	159,649	398,925	1,994,625
8	130,897	158,336	182,456	471,689	2,358,444
9	164,983	178,128	205,263	548,374	2,741,870
10	203,007	197,920	228,070	628,998	3,144,988
11	244,971	217,712	250,877	713,560	3,567,800
12	290,873	237,504	273,684	802,061	4,010,305
13	340,713	257,296	296,491	894,501	4,472,503
14	394,493	277,088	319,298	990,879	4,954,395
15	452,211	296,880	342,105	1,091,196	5,455,979
16	513,867	316,672	364,912	1,195,451	5,977,257
17	579,505	336,464	387,719	1,303,688	6,518,440
18	649,041	356,256	410,526	1,415,823	7,079,117
19	722,516	376,048	433,333	1,531,898	7,659,488
20	799,930	395,840	456,140	1,651,910	8,259,551

Fuente: Elaboración propia.

²³ Forest Trends' Ecosystem Marketplace. Financing Emission Reductions for the Future: State of Voluntary Carbon Markets 2019. Washington DC: Forest Trends, 2019. Link: <https://app.hubspot.com/documents/3298623/view/63001900?accessId=eb4b1a>

²⁴ World Bank. 2020. State and Trends of Carbon Pricing 2020. Washington, DC. Link: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33809>

²⁵ CO₂OL Natural Carbon Collection. Link: <https://www.co2ol.de/en/projekte/>

Tabla 18. Potencial total de COS para proyecto REDD y conservación de suelo – enfoque ajustado.

Años	Potencial REDD COS RBSM (tCO ₂)	Potencial REDD FCPF RBSM (tCO ₂)	Potencial COS RBSM (tCO ₂)	Potencial total (tCO ₂)	Ingreso (USD)
1	4,301	19,792	22,807	46,900	234,498
2	15,181	39,584	45,614	100,379	501,897
3	32,642	59,376	68,421	160,439	802,195
4	56,682	79,168	91,228	227,078	1,135,392
5	87,303	98,960	114,035	300,298	1,501,490
6	124,503	118,752	136,842	380,097	1,900,487
7	168,284	138,544	159,649	466,477	2,332,384
8	218,677	158,336	182,456	559,469	2,797,347
9	275,622	178,128	205,263	659,013	3,295,064
10	339,146	197,920	228,070	765,136	3,825,681
11	409,250	217,712	250,877	877,840	4,389,198
12	485,935	237,504	273,684	997,123	4,985,615
13	569,199	257,296	296,491	1,122,986	5,614,931
14	659,043	277,088	319,298	1,255,429	6,277,147
15	755,467	296,880	342,105	1,394,453	6,972,263
16	858,471	316,672	364,912	1,540,056	7,700,278
17	968,126	336,464	387,719	1,692,309	8,461,547
18	1,084,294	356,256	410,526	1,851,077	9,255,383
19	1,207,042	376,048	433,333	2,016,424	10,082,118
20	1,336,370	395,840	456,140	2,188,351	10,941,754

Fuente: Elaboración propia.

7. Articulación con iniciativas de desarrollo sostenible

Los beneficios de la protección y el aumento del almacenamiento de COS están asociados a (1) proteger o aumentar la fertilidad del suelo, (2) mantener o aumentar la resistencia al cambio climático, (3) reducir la erosión del suelo, (4) reducir la conversión del hábitat (cuando se aplique a través de la conservación de los ecosistemas naturales), (5) almacenar y suministrar más agua, y (6) conservación de la biodiversidad, todo ello en línea con la Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS), los objetivos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y la Convención de las Naciones Unidas sobre la lucha contra la desertificación (CNUCLD) (Bossio *et al.*, 2020).

Las potenciales actividades de proyecto también están alineadas al Marco Ambiental y Social del Banco Mundial, especialmente al estándar ambiental y social 6: Conservación de la biodiversidad y gestión sostenible de los recursos naturales.

Asimismo, Guatemala cuenta con una Estrategia Nacional de Diversidad Biológica 2012-2022 la cual está compuesta por cinco estrategias. El potencial proyecto REDD+ y de conservación de suelos está alineado a la estrategia 3: Paisajes productivos sostenibles y planificación territorial para la conservación y desarrollo; y estrategias 4 y 5: Atención a amenazas y restauración de la diversidad biológica y servicios ecosistémicos. Las metas nacionales también han sido alineadas con las Metas Aichi, adoptadas por la Convención sobre la Diversidad Biológica en su Plan Estratégico, durante la décima Conferencia de las Partes.

A nivel nacional, INAB dentro de su planificación estratégica ha priorizado acciones para la protección, restauración y manejo sostenible de ecosistemas forestales estratégicos: Bosque seco, bosque pino-encino, bosque nuboso, pinabete y manglares. Finalmente, el MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación) cuenta con el Plan de Acción para la Conservación de los Bosques Nubosos.

La reducción de emisiones de CO₂ en el COS puede contribuir a alcanzar los compromisos internacionales de Guatemala en su Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional. Guatemala se ha comprometido con recursos propios a una reducción del 11.2% y con el apoyo técnico y financiero de la comunidad internacional hasta un 22.6% de sus emisiones de GEI totales proyectadas al año 2030 con respecto al año base 2005. Los mecanismos de compensación por acciones directas o indirectas de reducción de GEI han sido introducidas en la legislación de la Ley de cambio climático: Artículo 22. Proyectos de mercados de carbono. Y en la Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable: Artículo 6. Certificados de reducción de emisiones (MARN, 2015).

Además, la degradación del suelo se regula en la Ley Marco de Cambio Climático: Artículo 17. Protección del suelo y Artículo 25. Fondo Nacional de Cambio Climático centrado en programas y proyectos de mitigación obligada, orientados en combatir el cambio de uso de la tierra y la deforestación.

Dentro de las medidas de mitigación de COS, los propietarios de tierras rurales y actores del sector agrícola y ganadero pueden ser beneficiarios de los incentivos financieros de mitigación en los sistemas de producción. Debido a que, la mejora del manejo de tierras de cultivo y tierras de pastoreo, gestión sostenible de los bosques, y un aumento del carbono orgánico del suelo no requieren un cambio de uso de

la tierra. Por el contrario, presenta beneficios como aumento de la productividad agrícola, mejorando la seguridad alimentaria y reduciendo la demanda de conversión de tierras.

Por ejemplo, la Figura 5 presenta una visión general del ciclo para un proyecto de COS. Comenzando por el lado izquierdo del diagrama, se muestran las fuentes de datos clave para informar y validar las estimaciones de COS. Los datos de los experimentos de campo a largo plazo ayudan a formular, parametrizar y validar los modelos de predicción del cambio en las reservas de carbono en el suelo. La teledetección ofrece el potencial proporcionar datos a bajo costo, en alta resolución y disponibles a nivel mundial sobre la cobertura terrestre y las especies de cultivos, así como información sobre la cobertura de residuos de cultivos, la labranza y las prácticas de irrigación. Esta información puede aportar a nivel local y/o ser utilizada como verificación independiente de las actividades por los usuarios de la tierra. Además, es necesario un sistema escalable capaz de realizar análisis a nivel de país, para apoyar las políticas nacionales y los acuerdos internacionales, así como la cuantificación a escala de parcela y de paisaje, para apoyar las iniciativas de la cadena de suministro sostenible y/o planes de financiación del carbono que pueden incentivar directamente a los agricultores a adoptar prácticas de secuestro de carbono, mejora de suelo y reducción de GEI (Paustian *et al.*, 2019).

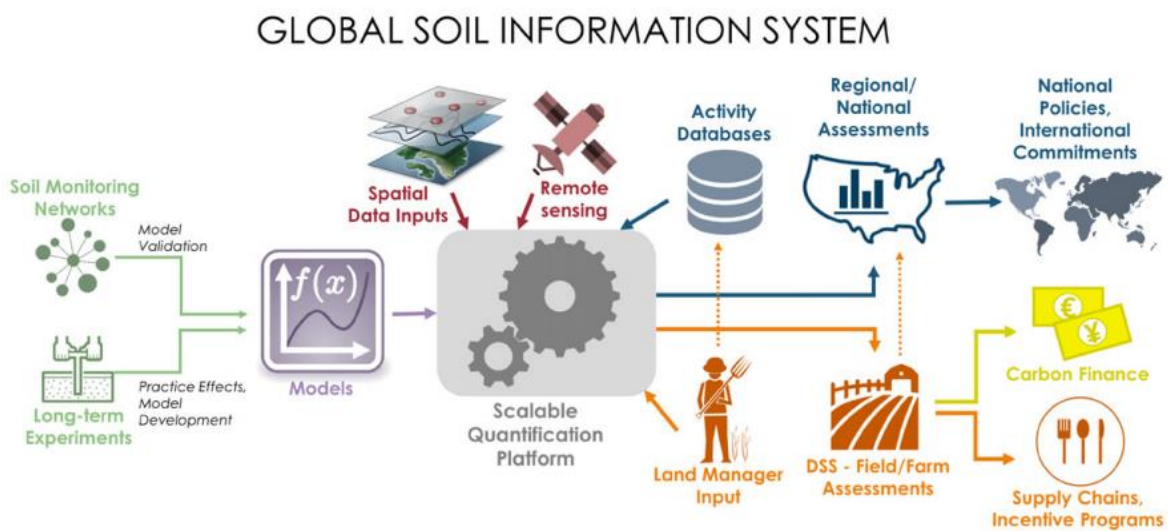


Figura 5. Visión general de los componentes y el flujo de información para un enfoque de cuantificación de los cambios en las reservas de carbono en el suelo (y las emisiones netas de GEI) desde el terreno hasta las escalas nacionales.

Fuente: Paustian *et al.* (2019).

8. Cadenas de suministro agrícola

El COS también puede ser cuantificado e incluido en las cadenas de suministro agrícolas y ganaderas (*supply chain*) a través de programas de incentivos. Gold Standard cuenta con una metodología para la “Intervención en la cadena de valor (Alcance 3) – Guía para el Carbono Orgánico del Suelo”, la cual podría ser utilizada para contabilizar los cambios netos de remoción asociados a una determinada intervención de COS. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que esta metodología es principalmente para empresas que desean compensar la cadena de valor de un producto determinado, desde el inicio hasta el producto final.

No obstante, el potencial de certificar las cadenas de valor y reducir emisiones de GEI en relación al COS es alto, y debe ser tomado en cuenta. La certificación permite diferenciar el producto de otros productos, lo cual puede mejorar el acceso a los mercados y las condiciones comerciales de los productores (comercio justo). Asimismo, la certificación se utiliza principalmente cuando el productor y el consumidor no están en contacto directo, tal como ocurre en los mercados internacionales, ya que el consumidor no tiene la posibilidad de verificar que el producto fue producido de la manera en que el productor dice haberlo hecho.

La certificación voluntaria puede ser utilizada por las cooperativas dentro del área de la RBSM que puedan estar organizadas y constituidas como micro, pequeñas y medianas empresas en Guatemala (PYMES); por las asociaciones como la Alianza Nacional de Organizaciones Forestales Comunitarias de Guatemala (ANOFCG), o en áreas pertenecientes a FDN o CONAP.

En el 2015, 10 comunidades ubicadas al norte de Sierra de las Minas se organizaron a través de comités de productores y productoras agroforestales para ser protagonistas en la producción y comercialización de cacao, café, miel de abeja y otros subproductos obtenidos mediante sistemas agroforestales por medio de un comité de productores (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2020).

La vinculación de la certificación de carbono y las cadenas de valor puede también contribuir a la reducción de la informalidad laboral y el desplazamiento y migración de personas a las ciudades en busca de oportunidades de trabajo, lo cual impulsa el desarrollo socio-económico regional.

8.1. Cadenas de valor en la RBSM

El Plan de Manejo de la RBSM 2020 espera lograr mejores ingresos a las comunidades y propietarios privados por medio de las cadenas productivas establecidas, donde se desarrollarán estudios de mercado de productos, planes de negocio, alianzas público-privadas, y promoción de las cadenas de valor de productos agroforestales como miel, cardamomo, xate, café y cacao. Asimismo, se desarrollarán prácticas agroforestales y agricultura sostenible con comunidades y propietarios privados teniendo en cuenta el manejo y conservación de suelos y agua. Se espera que las actividades se desarrollen en al menos 80 comunidades incluyendo al menos 800 pequeños productores.

Diversos proyectos han investigado y fortalecido el conocimiento de producción agrícola y pago por servicios ambientales dentro de la RBSM como: (1) Diagnóstico sobre el cultivo de cacao en las comunidades de intervención del programa BIOFORESA, Proyecto Panzós y Proyecto El Estor, Programa BIOFORESA; (2) Informe Diversidad de flora y fauna en diferentes usos de la tierra en dos zonas cafetaleras de Guatemala donde se estudiaron cultivos agroforestales (cultivo de café, cardamomo y cacao); (3) Cálculo de conectividad de bosques Palajunoj, Retalhuleu y bosques del norte de la Sierra de las Minas para cuantificar uno de los aspectos del valor añadido que otorgan los servicios ambientales del café y otros sistemas agroforestales (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2020). En la RBSM, los proyectos de restauración productiva de bosques en comunidades están relacionados mayoritariamente a producción de cacao, café y cardamomo (Skarwan & Aguilar, 2018; Bautista, 2019).

Por lo cual, las cadenas de valor descritas a continuación se enfocarán en cacao, café y cardamomo.

8.1.1. Sistemas agroforestales (café y cacao)

Los sistemas agroforestales (SAF) son los de mayor interés a implementar por las comunidades campesinas en la RBSM, debido a que es una alternativa viable para el manejo de zonas de bosque tropical de laderas y zonas degradadas (programa BIOFORESA, 2018). Además, los beneficios tanto económicos como ambientales son reconocidos a nivel familiar, por ejemplo, de la implementación de cultivos de cacao con especies forestales y frutales. Sin embargo, las mínimas prácticas de manejo del suelo para mantener y aumentar la productividad de los SAF no son tomada en cuenta y es una de las causas de pérdida de sostenibilidad de los proyectos cuando implementan SAF en unidades familiares (Skarwan & Aguilar, 2018). La implementación de los SAF bajo el programa de BIOFORESA tuvieron como limitante el desconocimiento de alternativas de comercialización de los productos y precios de mercado.

El manejo de los SAF continuó con el Proyecto Bosques. En el caso específico del cacao, bajo un fondo rotativo se logró cosechar el cacao, y transformarlo en grano fermentado y seco; vendiendo la producción a distintos compradores de cacao en Guatemala. Sin embargo, el fondo no es suficiente para comprar y procesar las cosechas completas de todos los productores de cacao (Proyecto Bosques, 2019).

En el período de cosecha 2017-2018, las comunidades incluidas en el Proyecto Bosques comercializaron por primera vez el cacao que habían producido. Estas comunidades (11 comunidades de la Sierra de las Minas) obtuvieron un ingreso aproximado de 6,000 USD por la venta de 6,800 kg de cacao en baba (semilla cosechada en fresco con el mucílago protector), con un ingreso promedio de 170 USD por hectárea.

Sin embargo, se estima que en el sistema de comercio local existen alrededor de 300 intermediarios que compran subproductos o productos como el cardamomo, café, cacao, cítricos y especies frutales, que son vendidas a un empresario local. Este esquema no favorece la economía familiar porque los precios de sus productos son bajos y fijados por los intermediarios que participan en el mercado de los productos (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2020).

Diversos mecanismos financieros como los mencionados en la sección 8.6, podrían servir para continuar y extender el proyecto Bosque y fortalecer la cadena de valor del cacao y café, desde el cultivo, transformación y comercialización de los productos agrícolas. Especialmente, teniendo en consideración que la calidad de la producción de cacao depende de elementos como tipo genético, condiciones naturales del sitio donde se encuentran las plantaciones y manejo integral del cultivo. Aparte de los antecedentes genéticos de los cacaoteros, el desarrollo del sabor depende también de unas prácticas adecuadas de fermentación y secado, y de las etapas de proceso posteriores tales como el tostado, la alcalización o el conchado.

Para competir en el mercado internacional del cacao es importante ofrecer un producto de alta calidad y estandarizado, que permita la oferta de un grano con sabor y aroma al mercado de cacao finos y al mismo tiempo el reconocimiento por mejores precios al productor. Diversos estudios en Latinoamérica están investigando como fortalecer las cadenas de valor de sus productos de cacao, por ejemplo, Colombia a través de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, en su rol de motor del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA), lideró el proceso de revisión de la Agenda de I+D+i, en coordinación con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), la cual logró establecer el implementar “Métodos estandarizados de los procesos de beneficio y calidad de grano de cacao” en todos los departamentos. Por otro lado, Costa Rica ha desarrollado varias investigaciones y elaborado una guía técnica de cacao, con directrices sencillas y prácticas de lo que deben hacer los productores para mejorar sus cultivos (FONTAGRO, 2019).

8.2. Trazabilidad de la producción Agrícola

Un componente importante es la trazabilidad de la producción. Este componente juega un papel fundamental a la hora de pensar en el nicho de mercado de cacao finos de aroma, café, y otros productos agrícolas. Igualmente, permite incorporar el valor agregado al negocio, es decir, la trazabilidad tiene un costo en el negocio y un beneficio.

La trazabilidad es un indicador que contribuye a la verificación de la calidad del producto en todos sus procesos. Esta requiere de una asociación del flujo físico de productos con el flujo de información, donde cada actor de la cadena de abastecimiento debe comunicar al siguiente participante datos predefinidos, permitiendo así la posterior aplicación de los principios de trazabilidad (es un indicador que involucra a todos los actores de la cadena).

La trazabilidad permite el reconocimiento y aceptación de los productos agrícolas en los mercados. Este es un indicador de excelencia no solo para un ejercicio local sino también, es un aspecto de la política agraria donde los gobernantes y responsables del sector pueden identificar y rastrear en dónde se produce con calidad, dónde se está deteriorando o desgastando el sistema (y sus componentes) y poder así tomar decisiones estratégicas para el fortalecimiento de sus acciones.

La trazabilidad es un componente que no solo exige el mercado, sino también, es un factor clave a la hora de la planificación y la toma de decisiones al interior de las organizaciones. Además, cuando se requiere

buscar un aliado, un primer factor a analizar es el registro de la información de toda la cadena de producción.

Para poner en práctica la trazabilidad es necesario la implementación de un sistema o base de datos que recoja y recopile la información de cada uno de los procesos de forma inmediata y expedita. La plataforma informática de este sistema dependerá de la magnitud de información que se pretende manejar, del nivel de automatización, con qué independencia se quiere tratar la información, los tipos de información que se quiera que genere, accesos, entre otros.

Es importante que el proceso de recolección y registro de información inicie desde la etapa productiva en finca hasta la demanda del mercado, teniendo en cuenta a nivel productor:

- Información detallada de la organización de los productores: fecha de fundación, composición o estructura administrativa, datos de ventas y procesos que se llevan al interior.
- información completa de los productores asociados que participan en el proceso comercial y datos de sus respectivas familias; tipo de cultivos y datos de la producción; datos de cosecha hasta la recolección y entrega a los centros de acopio.
- Información desde que se recibe en los centros de acopio y procesos.
- Información a registrar desde la clasificación del producto, empaque y embalaje.

8.2.1. Trazabilidad para cacao

El siguiente cuadro muestra un ejemplo para el caso de la producción de cacao:

Datos registrados por la organización de productores			Datos registrados por la central de beneficio		
Información Fija, con actualizaciones semestrales			Información para actualizaciones permanente		
El Productor	La Finca	Sistema Productivo	Cosecha	Beneficio	Calidad
Nombre -DPI	Nombre de la finca	Tipo de sistema: arreglo productivo	Fecha cosecha	Fecha de beneficiado	Características físicas del grano (según lote procesado)
Edad	Ubicación: municipio - departamento	Cultivos asociados con cacao	N° de elotes recolectados	Nombre del productor	Kg de muestra para análisis
Estado civil	Vereda	N° de plantas de cacao	N° jornales utilizados	Kg de pulpa	Método de análisis de muestra
N° de hijo/as	Área (hectáreas)	Edad de las plantas de cacao	Forma de recolección: con tijeras, manual, cuchillo, otras.	Variedades de pulpa procesada	Resultados de análisis físicos del grano: color, textura, tamaño.

8.2.2. Trazabilidad en cardamomo

Un ejemplo de la trazabilidad en productos agrícola es en el cardamomo a través del manejo de la Federación de Cooperativas de las Verapaces (FEDECOVERA). FEDECOVERA es una organización autónoma, compuesta por más de cuarenta cooperativas y 21 grupos organizados, representando alrededor de 30,000 pequeños productores, y es responsable del 20% de la producción de cardamomo en el país. Además, es la primera productora y exportadora de cardamomo orgánico y pimienta a nivel mundial contando con certificaciones orgánicas para Japón (JAS), Europa (CE), Estados Unidos, Canadá (USDA), y certificación MercoKosher. Esta Federación es una de las diez organizaciones que conforman la Alianza Nacional de Organizaciones Forestales Comunitarias de Guatemala (ANOFCEG).

Cuando se procesa el cardamomo, las cooperativas implementan acciones que garantizan la calidad, inocuidad y trazabilidad del producto que permite una exportación a nivel mundial.

8.3. Exportación de productos

Los cultivos permanentes de alto valor económico como el café orgánico, cacao, achote y cardamomo orgánico o bajo sombra, han demostrado efectividad en el incremento de la cobertura forestal y reducción de la presión sobre el bosque natural, a la vez que cuentan con una gran aceptación social. Por lo cual, se ha observado un incremento de la producción de cultivos agroforestales como cardamomo y café²⁶ orgánico dentro de la RBSM.

En la RBSM, la comercialización de los productos se realiza por medio de comités organizados en algunos productos como café o cacao, que se venden como orgánicos o bajo comercio justo a través de una organización local llamada Asociación de Productores Orgánicos de Desarrollo Integral del Polochic (APO-DIP) (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2020).

8.3.1. Cardamomo

El cardamomo (*Elettaria cardamomum*) es la variedad más cotizada y la cultivada en Guatemala. En el país, la producción de cardamomo se concentra principalmente en cinco departamentos: Alta Verapaz, Baja Verapaz, Izabal, Huehuetenango y Quiché. Guatemala se ha convertido en el primer país productor y exportador de la especia en el mundo, con el 60% de los cultivos a nivel mundial.

Según el Banco de Guatemala, para el año 2017 Arabia Saudita fue el principal país donde se exportó cardamomo, seguido por países del Medio Oriente (Tabla 19). Las exportaciones de cardamomo han ido en aumento, en 2013 Guatemala exportó 215.6 millones de US\$, mientras que en el 2018 las exportaciones fueron 433.5 millones de US\$; contribuyendo al 4% de las exportaciones a nivel nacional (Banguat, 2019).

²⁶ Se podría priorizar el desarrollo y mejoramiento de estas cadenas de valor inicialmente, debido a que cuentan con antecedentes de manejo en el área.

Tabla 19. Valor (US\$) de cardamomo exportado según país, 2017.

Pais	Cardamomo (US\$)	Pais	Cardamomo (US\$)
Arabia Saudita	108,374,539	Francia	861,126
Emiratos Árabes Unidos	80,174,783	Myanmar	792,301
Bangladesh	30,418,014	Afganistán	741,803
Pakistán	20,915,772	Suecia	576,644
Jordania	13,598,707	Omán	496,198
Egipto	10,463,173	Libia	361,640
Kuwait	9,878,669	Sudáfrica	313964
Nepal	9,614,859	Somalia	303700
Singapur	8,963,096	Islas Vírgenes Británicas (Reino Unido)	197,000
India	8,847,319	España	181,679
Irak	7,414,227	Rusia	134,500
Siria	6,671,581	República de Yemen	130,480
Estados Unidos	6,293,646	Brasil	119,451
Reino Unido	5,067,797	Marruecos	117,737
Israel	4,309,012	Indonesia	115,481
Países Bajos	4,301,498	Corea del Sur	103,339
Japón	4,216,843	Mauricio	28750
Alemania	3,211,014	Grecia	26,375
Qatar	2,908,294	Taiwán	16,875
Turquía	2,633,698	México	16,347
Líbano	2,463,153	Italia	15,000
Sudan	2,116,349	Irán	12,500
Canadá	1,605,901	Costa Rica	9,548
Malasia	1,590,829	Perú	7,492
Australia	1391390	Barbados	5,055
Finlandia	952,775	Lituania	3,600
Estado de Bahrein	897,457	Honduras	630

Fuente: INE (2020)

8.3.2. Café

Guatemala produce café principalmente en sus variedades *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, la producción se da a nivel nacional.

De acuerdo al Banco de Guatemala, para el año 2017 Estados Unidos fue el principal país donde se exportó café, seguido por países del Norte Global (Tabla 20). Las exportaciones de café han disminuido ligeramente, en 2013 Guatemala exportó 714.5 millones de US\$, mientras que en el 2018 las exportaciones fueron 679.9 millones de US\$; contribuyendo al 6% de las exportaciones a nivel nacional (Banguat, 2019).

Tabla 20. Valor (US\$) de café exportado según país, 2017.

Pais	Café (US\$)	Pais	Café (US\$)
Estados Unidos	282,969,732	Turquía	726,837
Japón	112,481,332	Suecia	688,342
Canadá	85,064,518	Dinamarca	645,234
Bélgica	61,296,707	Marruecos	593,299
Alemania	43,921,833	Estonia	529,923
Italia	32,077,329	Hong Kong	470,133
Corea del Sur	23,501,059	Polonia	428,385
Países Bajos	13,300,071	Rumania	422,874
Noruega	11,462,281	Letonia	418,354
Reino Unido	10,185,417	Emiratos Árabes Unidos	408,675
Taiwán	9,044,322	Ecuador	371,250
China	8,359,549	India	353,250
Australia	8,271,964	Barbados	302,156
Malasia	6,196,390	Ucrania	242,109
Francia	5,684,160	Arabia Saudita	148,789
Finlandia	4,708,111	Egipto	144,375
Sudáfrica	3,601,428	Belice	117,974
Nueva Zelandia	2,800,885	Argentina	114,000
España	2,533,396	Islandia	113,461
Rusia	2,445,132	Panamá	100,440
Portugal	2,153,869	Bulgaria	65,288
Suiza	1,861,773	Albania	62,370
Grecia	1,610,960	Jamaica	56,451
México	1,288,111	Jordania	54,450
Israel	1,098,777	República Checa	25,092
Singapur	972,442	Chile	11,564
Costa Rica	804,919	-	-

Fuente: INE (2020).

8.4. Alianzas estratégicas

Las alianzas estratégicas agregan valor a las cadenas de producción. A través de las alianzas estrategias también es importante considerar la implementación de una plataforma institucional y local (redes, consorcios) que promuevan y facilite el acceso a la innovación, investigación, transferencia y difusión de tecnologías, desarrollar capacidades y mecanismos para establecer alianzas estratégicas con universidades, centros de investigación y desarrollo tecnológico del país. Esto con el objetivo de buscar la articulación a nivel nacional e internacional para gestionar y movilizar conocimientos tecnológicos para la sostenibilidad de la producción y comercialización de productos agrícolas.

Para los socios comerciales, como compradores y procesadores de productos agrícolas, la calidad de los productos, los costes y la fiabilidad de la cooperación con las organizaciones locales de productores desempeñan un papel decisivo. Por otra parte, los inversores privados, como por ejemplo los fondos de inversión de impacto, atribuyen gran importancia a la minimización de riesgo y a las oportunidades de lucro (Proyecto Bosque, 2019). No obstante, se requiere para todos estos procesos comerciales disponer de un buen aliado (os) comercial que agregue conocimiento y oportunidades para las comunidades. Una estrategia comercial no debería estar enfocada a tener compradores sino más bien aliados empresariales en el negocio con los productores.

Por otro lado, un buen nivel organizacional es clave para minimizar costos de certificación y aumentar la eficiencia. Los SAF también pueden tener una co-certificación adicional a los estándares de carbono, los cuales pueden ser Certificación Orgánica y/o Certificación de Sostenibilidad (UTZ, Fair Trade y RainForest Alliance), fortaleciendo los modelos de negocios.

Aspectos como la conservación del entorno productivo (biodiversidad – certificación Rainforest Alliance) y la capacidad de la organización social son aspectos que el mercado internacional reconoce como valores agregados al proceso. En el mercado internacional se pagan sobrepagos por la certificación ya bien sea por un producto orgánico o por temas de conservación en relación a prácticas agrícolas sostenibles, secuestro de carbono, seguridad alimentaria, reducción de deforestación.

Los ingresos adicionales por el secuestro de carbono en los SAF a implementar podrían apoyar a establecer un sistema de colecta, procesamiento y transformación de productos agrícolas, fortaleciendo las cadenas de valor y valor agregado, además de apoyar una co-certificación en la cadena de valor.

8.5. Actores a involucrar

La competitividad de pequeños productores mejora con la creación de grupos y cooperativas de productores, ya que genera acciones colectivas y escala el impacto y beneficios económicos. Por ejemplo, acciones colectivas se ve en la compra de insumos al por mayor, la comercialización colectiva, la negociación del crédito y los contratos, así como la incidencia política sobre procesos político (FAO, 2016).

La distribución de productos agrícolas desde la producción hasta el consumidor final, involucra a muchos actores proveedores tanto de materias primas como de servicios, cuya gama pasa por agroquímicos, sacos, etiquetas y transporte, importadores, distribuidores mayoristas y los minoristas que ponen el producto en las manos de los consumidores.

Entre los diversos actores a considerar teniendo en cuenta que es un Área Natural Protegida, y las organizaciones de productores también engloban aspectos como la igualdad de género, inclusión de los jóvenes, gobernanza, educación, salud, infraestructura social, acceso a financiamiento, entre otros son:

- Organismos públicos como MAGA, CONAP, INAB, MARN
- Gobiernos Municipales (e.g. Unidad de Gestión Ambiental Municipal)
- Consejos Comunitarios de Desarrollo Urbano y Rural (COCODES)

- Organizaciones campesinas e indígenas
- Alianza Nacional de Organizaciones Forestales Comunitarias de Guatemala
- Cooperativas como FEDECOVERA
- ONGs como CALMECAC, FUNDAECO, FUNDALACHUA
- Federación de cooperativas agrícolas
- Academia y Escuela Rural de Negocios Agroforestales

8.6. Mecanismos financieros

Uno de los potenciales fondos a aplicar en la etapa inicial de las cadenas de valor es el Proyecto de Gestión Forestal Sostenible, ejecutado por el INAB, en coordinación con el CONAP y el MAGA y el MARN. Este fondo aprobado en el 2020 por el BID servirá para financiar programas de adaptación y mitigación del cambio climático, incluyendo manejo sostenible de bosques, sistemas agroforestales (café, cacao y cardamomo, entre otros) y silvopastoriles.

Los programas nacionales de incentivos forestales: PROBOSQUE y PINPEP fomentan las cadenas de valor sostenibles permitiendo la implementación y monitoreo de las actividades de conservación y manejo del bosque. Los programas tienen una duración de 30 y 15 años, respectivamente.

Adicionalmente, el proyecto puede estar anidado a la Estrategia Nacional REDD+. El proyecto de reducir la deforestación, mejora de prácticas agrícolas y conservación de suelo, y el desarrollo de cadenas de valor de productos agrícolas, contribuye a la adaptación a los efectos del cambio climático y la mitigación de los gases de efecto invernadero, mientras que genera beneficios a los productores participantes.

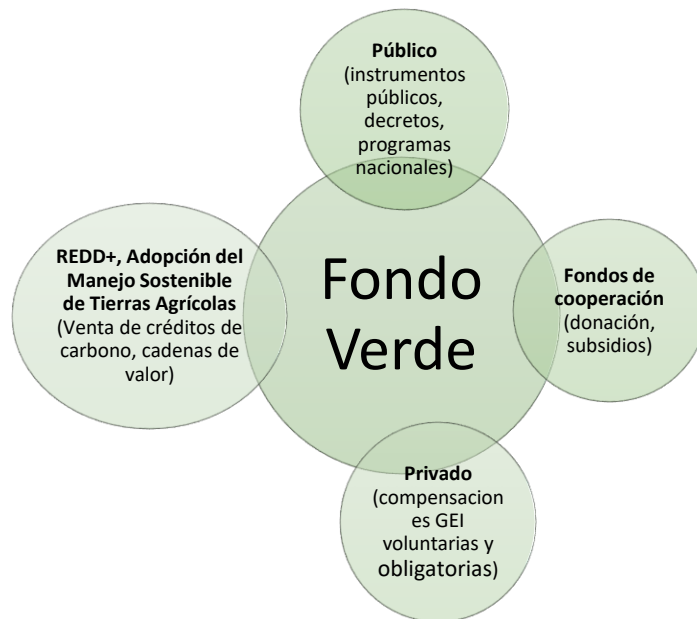


Figura 6. Potencial fondo verde para manejo del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Los diversos mecanismos financieros que el proyecto puede adoptar aseguran el flujo de recursos financieros para la ejecución de las actividades previstas, involucrando a diferentes sectores (Figura 6). Los posibles donantes, ya sea organismos públicos, fondos de cooperación (donantes, subsidios), venta de créditos de carbono, organismos privados (compensación ambiental voluntaria u obligatoria) formarán parte de un potencial fondo verde del proyecto para apalancamiento del proyecto. Además, este fondo servirá para garantizar la sostenibilidad de las actividades de los proyectos a largo plazo, así como el monitoreo y verificación de la reducción de emisiones, y desarrollo de las cadenas de valor de productos agrícolas.

9. Conclusiones

La fijación de carbono en el suelo es una solución basada en la naturaleza con un alto potencial de secuestrar el carbono de la atmósfera a bajos costos, ofreciendo a la vez beneficios a las comunidades y medio ambiente. Además, es base para la producción de alimentos, pastos y asociados, fibras y bioenergía, así como para el balance de GEI y la evaluación de otros servicios ecosistémicos.

Las áreas de la RBSM son viables para implementar actividades de recuperación y conservación de COS, en relación a evitar la deforestación y captura de COS en el sector agrícola y ganadero.

El potencial de reducción de emisiones implementando prácticas de conservación y manejo del suelo para las actividades de agricultura y ganadería es de 912,280 tCO₂ a 20 años al 100% de efectividad, y de 456,140 tCO₂ al 50% de efectividad de implementación de actividades de proyecto.

El potencial relacionado a la conservación de los reservorios de carbono bajo el suelo en un enfoque conservador es de 111,775 tCO₂ y 799,930 tCO₂ para las áreas de FDN – CONAP y el área total de la RBSM, respectivamente. En un enfoque ajustado, el potencial de reducción de emisiones bajo el suelo es 186,732 tCO₂ para áreas de FDN – CONAP y 1,336,370 tCO₂ para toda el área de la RBSM.

La asociación de un proyecto REDD+ con actividades de conservación de suelo en tierras agrícolas y ganaderas tendrían una reducción de emisiones totales de 1,651.910 tCO₂ bajo un escenario conservador, pudiendo generar ingresos de 8,259,551 USD. Mientras que, bajo un escenario ajustado, la reducción de emisiones es de 2,188,351 tCO₂ con potenciales ingresos totales de 10,941,754 USD. Ambos escenarios tienen un periodo crediticio de 20 años.

La metodología VCS VM0021 sería la más apropiada para la RBSM, debido a que permite la inclusión de más reservorios de carbono (biomasa arriba del suelo, biomasa abajo del suelo).

En caso de considerar una combinación de metodologías, se recomienda utilizar una metodología para REDD+ en conjunto con la metodología VCS VM0017. Esta unión permite cuantificar reducción de emisiones de carbono provenientes de la reducción de deforestación y degradación, así como de la adopción de mejores prácticas de agricultura.

Las cadenas de valor agrícolas podrían ser financiadas a través de un fondo verde, donde diversas fuentes de ingreso (REDD+, COS, donaciones, fondos, etc.) pueden ser destinadas para el fortalecimiento de las cadenas de valor y posicionamiento en el mercado.

10. Recomendaciones y pasos a seguir

- *Medición y monitoreo constante de uso de la tierra*

Se recomienda identificar, estratificar y actualizar de acuerdo al uso de la tierra (café, agricultura anual, palma, otros)²⁷, el área del proyecto. Seguidamente, establecer zonas estratégicas de conservación y acción donde se implementarán las actividades de proyecto. La estratificación permite trabajar con datos más precisos para la cuantificación de reducción de emisiones.

- *Medición, mapeo, monitoreo e informes de COS estándar*

Implementación de parcelas de monitoreo de COS: tomar medidas in situ para documentar directamente los niveles de existencias de COS en la línea de base (pre-proyecto) y en el escenario con proyecto.

La reserva de COS debe estimarse utilizando muestras tomadas en diferentes horizontes de suelo. La profundidad a la que se tomen y analicen las muestras de suelo debe ser de al menos 30 cm, según la recomendación del IPCC GPG-LULUCF (2003). En general, se requieren tres variables para estimar el contenido de carbono del suelo: la densidad aparente (calculada a partir del peso del suelo secado al horno a partir de un volumen conocido de material muestreado), el contenido de carbono orgánico y la profundidad del suelo. La profundidad de la muestra puede ser seleccionada por el proponente del proyecto, pero debe establecerse una profundidad total consistente para el muestreo del suelo, y esta profundidad no debe ser inferior a la profundidad a la que se altera el suelo durante la agricultura, normalmente un mínimo de 30 cm.

Para obtener una muestra representativa y reducir la incertidumbre, se recomienda estratificar el área representativa (por ejemplo, la clase taxonómica del suelo, la posición del paisaje, el uso de la tierra) y diseñar el consiguiente plan de muestreo de acuerdo con esos estratos.

- *Integración y desarrollo de un esquema de retribución por servicios ambientales*

Integrar las iniciativas REDD+, manejo sostenible de tierras agrícolas, y conservación de recursos hídricos bajo un esquema de retribución de conservación a nivel paisaje. El esquema se enfoca en la conservación de los ecosistemas estratégicos de la RBSM y en el desarrollo de actividades para mejorar las condiciones socio-económicas y ambientales de las comunidades del área. Los ingresos por reducción de emisiones de CO₂ y conservación de agua pueden dirigirse a un fondo verde para implementar las actividades de proyecto de reducción de deforestación, protección de cuencas, e implementación de actividades sostenible productivas.

²⁷ A través del uso de sistemas de información geográfica.

- *Sinergias para las cadenas de valor*

Una asociación potencial del sector público - privado - productor puede colaborar a desarrollar y fortalecer las cadenas de valor que se producen en la RBSM, especialmente cacao, café y cardamomo ya que cuentan con estudios previos y cooperativas en el área de trabajo. El cambio de prácticas agropecuarias a prácticas sostenibles para aumentar la producción sin ampliar la frontera agrícola y para la conservación de suelo potencialmente lograría ingresos adicionales por reducción de emisiones del compartimiento de COS, así como el acceso a mercados internacionales a través de certificaciones adicionales (p.ej. certificación orgánica, comercio justo) para prácticas sostenibles. Se recomienda identificar cadenas de valor estratégicas para la RBSM, y trabajar colaborativamente entre productores, cooperativas, y pequeña y mediana empresas (pymes), y otros actores interesados. Entre los beneficios está mejor competitividad, estímulo de la inversión por parte del sector privado, acceso a financiamiento, valor agregado, uso de tecnología eficiente, creación de empleo, mejora de habilidades técnicas de agricultores, y empoderamiento de mujeres. La diversificación y el desarrollo de cadenas de valor para los productos agrícolas también promueven la comercialización a nivel nacional (junto con su legalidad) reduciendo así la dependencia de importación de alimentos, mejorar la seguridad alimentaria y generar ingresos adicionales para los productores sin depender de terceros que intervengan en el proceso.

Adicionalmente, el comprador final o la empresa compradora de productos agropecuarios pueden asegurar que la cadena de suministros está certificada contribuyendo a un abastecimiento responsable.

Por último, a través de las cadenas de valor y los modelos de negocios se busca abordar los motores de deforestación, degradación y actividades ilegales presentes en el área, y así construir una estrategia de desarrollo territorial sostenible a nivel paisaje con enfoque cero-deforestación como ya existen en países latinoamericanos como Colombia²⁸.

- *Efectos del COVID-19 en el desarrollo del proyecto*

Las actuales restricciones y medidas de distanciamiento social relacionadas a la pandemia han creado nuevos retos para el desarrollo de proyectos sociales y ambientales, especialmente que involucran el trabajo en campo con diferentes actores. Se aconseja que se exploren canales alternativos que cumplan con las normas sociales, culturales y de género locales. Estas pueden incluir: informar por escrito, teléfono móvil, mediante encuestas con informantes identificados (en línea o por teléfono), medios sociales o reuniones virtuales si es posible., recordando que no todos los interesados en participar puedan tener acceso a internet.

Los procesos de socialización y consolidación de las actividades descritas en el documento en relación a las cadenas de valor deben tener en cuenta las medidas implementadas por el gobierno de Guatemala. Se recomienda inicialmente trabajo de escritorio, identificar a los actores clave, líderes de comunidades y/o cooperativas, y actores privados presentes en la región, generar información a ser compartida con los actores que pueda ser divulgada por teléfono, radio, o de manera virtual. La implementación de las

²⁸ Disponible en: <https://www.pp-al.org/content/download/4853/36955/version/1/file/CASTRO+%26+CHARRY+Cadenas+cero+deforestacion.pdf>



Consolidación de la Estrategia Nacional
REDD+ de Guatemala
EN EL MARCO DE LA COOPERACIÓN TÉCNICA #17NRP-16400-GU*

CONSORCIO: SUD-AUSTRAL / GOPA / CALMECAC / FORESTFINEST



cadena de valor y/o el fortalecimiento de las actuales está relacionada a los efectos del COVID-19, tanto con las normas de distanciamiento social, reuniones, así como con los procesos administrativos y de comercio; lo cual impacta en el planeamiento, cronograma, y resultados esperados.

11. Referencias

- Abdullahi, A., Chamhuri, S., Mohamad Ismail, S., & Anizan, I. (2018). Carbon sequestration in Soils: The opportunities and challenges. En R. Agarwal, *Carbon Capture, Utilization and Sequestration*. IntechOpen.
- Banguat. (2019). *Guatemala en cifras*. Guatemala: Banco de Guatemala.
- Bautista, R. (2019). *Restauración productiva de bosques en comunidades ubicadas en zonas de recuperación, uso especial y de amortiguamiento en tres áreas protegidas de Guatemala*. Guatemala: Revista Yu'am.
- Bossio, D. A., Cook-Patton, S. C., Ellis, P. W., Fargione, J., Sanderman, J., Smith, P., Griscom, B. (2020). The role of soil carbon in natural climate solutions. *Nature sustainability*, 391-398.
- Buch, M. S. (2017). *Análisis de factibilidad técnica y financiera de actividades REDD+ en el Área Protegida Reserva de Biosfera Sierra de las Minas*. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Carbon180. (2020). *Leading with Soil: Scaling Soil Carbon Storage in Agriculture*. U.S.A.
- Castellanos, E. (2011). *Elaboración del primer mapa nacional sobre el carbono capturado por plantaciones y bosques naturales de Guatemala*. Guatemala: Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, UVG. (2016). *Línea base de deforestación evitada en la región Sub-nacional REDD+ Sarstún-Motagua*. Guatemala.
- Cifuentes, C. (2016). *Análisis de Causas y Agentes de la Deforestación en la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas*. Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza.
- Climate Action Reserve. (2019). *Standardized GHG Accounting for Soil Organic Carbon Accrual on Non-Forest Lands: Challenges and Opportunities*. California.
- FAO. (2016). *Modelos organizativos exitosos para la integración de pequeños productores, mujeres, pueblos indígenas y jóvenes, en las cadenas de valor forestales y agro-forestales*. Guatemala.
- FAO. (2017). *Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura .
- FAO. (2017). *Mapa de Carbono Orgánico del Suelo*. Roma.
- FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings*. Rome.
- FONTAGRO. (2019). *La Cadena de Valor del Cacao en America Latina y El Cariba*. Quito.
- Fundación Defensores de la Naturaleza. (2017). *V Actualización Plan Maestro 2016-2020: Reserva de la Biósfera Sierra de las Minas*. Guatemala.
- Fundación Defensores de la Naturaleza. (2020). *Plan Maestro de la Reserva de la Biósfera Sierra de las Minas (IV Actualización)*. Guatemala.
- Gobierno de Guatemala. (2019). *Emission Reduction Program Document (ER-PD)*. Guatemala: Forest Carbon Partnership Facility.
- Gold Standard. (2018). *Value Chain (Scope 3) Interventions - Guidance for soil organic carbon*. Geneva, Switzerland.
- Govers, G., Merckx, R., V. O., & van Wesemael, B. (2013). *Managing Soil Organic Carbon for Global Benefits: A STAP Technical Report*. Washington, D.C.: Global Environment Facility.

- INE. (15 de Setiembre de 2020). *Instituto Nacional de Estadísticas Guatemala*. Obtenido de Estadísticas de Comercio Exterior:
https://www.ine.gob.gt/estadisticasine/index.php/CE_Exportaciones/exportaciones13
- IPCC. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Hayama, Kanagawa - Japan: Institute for Global Environmental Strategies.
- MARN. (2015). *Informe final: Diagnóstico del Marco Jurídico ambiental guatemalteco en los temas de derechos de propiedad sobre bienes y servicios ambientales y elementos de cambio climático vinculados a REDD+ en el marco del Decreto 7-2013*. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Mayen Chávez, E. (2013). *Evaluación de carbono aplicado a reducción de emisores por deforestación y degradación de bosques (REDD) para el mercado internacional de carbono en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas*. Guatemala: Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Paustian, K., Collier, S., Baldock, J., Burgess, R., Creque, J., DeLonge, M., McConkey, B. (2019). Quantifying carbon for agricultural soil management: from the current status toward a global soil information system. *Carbon Management*, 1-21.
- Skarwan, D., & Aguilar, F. (2018). *Informe de evaluación ex post de los programas BIOFORESA I (2012-2015) y BIOFORESA II (2016-2018)*. Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza, Cooperación Alemana, Heifer international, Oro Verde.
- von Unger, M., & Emmer, I. (2018). *Carbon Market Incentives to Conserve, Restore and Enhance Soil Carbon*. Arlington, VA, USA: Silvestrum and The Nature Conservancy.

12. Anexos

12.1. Proyectos de carbono con cacao

Proyecto VCS: “Shade Coffee and cacao reforestation project” en Perú:

El proyecto se ha desarrollado en asociación con 32 cooperativas de pequeños productores de café y cacao. Su propósito es convertir la baja producción de cacao de áreas degradadas o abandonadas en la producción de alta calidad de café y cacao con una gran cobertura forestal siguiendo los principios del desarrollo sostenible, orgánico y comercio justo. En total 12.111 hectáreas de tierra se recuperará cubriendo 13 departamentos del Perú; desde la frontera de Ecuador hasta la de Bolivia. El proyecto tiene la intención de secuestrar un total de 1,969,139 toneladas (LTA) en 40 años (Verra, 2013).

Proyecto GS: “CO2OL Tropical Mix” en Panamá:

El proyecto de más de 3000 hectáreas se enfoca en reforestar áreas degradadas, con una mezcla de especies de árboles nativos, en combinación con teca (40%). El proyecto, desarrollado por ForestFinance, se basa en un modelo que combina la producción de madera de calidad sostenible con la protección de la biodiversidad y la restauración de los ecosistemas. Estos bosques ofrecen un hábitat natural para los animales y las plantas nativas, protegen y enriquecen la tierra, filtran el agua y contribuyen a la mitigación del cambio climático. El proyecto también está manejando una mezcla de cacao y especies de árboles nativos en algunas áreas, creando un elemento agroforestal para este proyecto (GS, 2016a).

12.2. Proyectos de carbono con café

Proyecto VCS: “Regenerating Colombian Coffee Ecosystems” en Colombia

Es un proyecto agrupado de forestación y reforestación iniciado por el Proyecto PUR en 2014 en los bosques montañosos del norte de los Andes colombianos, donde las cuencas hidrográficas y los cafetales están gravemente erosionados y biológicamente degradados. Colombia es el tercer productor mundial de café y el 95% de las familias cafeteras colombianas operan en pequeñas parcelas de tierra, con un promedio de cinco acres cada una. El proyecto consiste en la plantación anual de árboles. El componente de reforestación ayudará a los pequeños agricultores a regenerar los ecosistemas del café a nivel de cuenca y de paisaje. La duración de las actividades del proyecto (vigilancia, mantenimiento, poda, raleo, cosecha) será de 40 años.

Proyecto VCS: “Sustainable climate-friendly coffee” en México

En este proyecto participan los productores de café que han obtenido la certificación de Rainforest Alliance, que se basa en el cumplimiento de la norma de la Red de Agricultura Sostenible. El proponente del proyecto trata de cuantificar los beneficios de mitigación del clima generados mediante la aplicación de prácticas de utilización de la tierra más sostenibles. El objetivo general del proyecto es aumentar y cuantificar las eliminaciones de GEI de la cubierta arbórea adicional en zonas de producción de café certificada, así como en las zonas circundantes del paisaje anteriormente degradado por el ganado y la agricultura itinerante. El proyecto utiliza árboles nativos adaptados a la región con el objetivo de aumentar

las reservas forestales de carbono en las zonas elegibles durante un período de 30 años, promoviendo al mismo tiempo la producción sostenible de café y contribuyendo a reducir la frontera agrícola.

12.3. Proyectos de carbono con REDD+ y agricultura sostenible

Proyecto VCS: “COMACO landscape management project” en Zambia

El Proyecto promueve la agricultura sostenible y la conservación de los bosques. Los principales objetivos del proyecto son dos: aumentar de manera sostenible el rendimiento de los cultivos de los pequeños agricultores, sus ingresos y su bienestar; y reducir la pérdida y la degradación incontrolada de los bosques y aumentar la cubierta forestal neta. Por consiguiente, el proyecto consta de dos componentes:

- (1) Componente de ordenación sostenible de las tierras agrícolas (SALM) - que tiene por objeto promover la adopción generalizada de prácticas agrícolas que aumenten la producción de alimentos por unidad de superficie y los ingresos de los agricultores. El proyecto promueve la adopción por los agricultores del cultivo en callejones a base de leguminosas, la gestión de los residuos (por ejemplo, mulching; el cese de la quema de residuos) y la reducción de la labranza, entre otras prácticas de SALM.
- (2) Componente de REDD+ (deforestación evitada no planificada) - que tiene por objeto reducir la pérdida de bosques, y proteger y ampliar las zonas de bosque natural, y conservar la diversidad biológica. Esto se logra principalmente mediante la planificación del uso de la tierra y la creación de zonas comunitarias de conservación, junto con el uso sostenible no extractivo de los bosques, por ejemplo, la miel y los hongos.

COMACO utiliza incentivos de mercado, donde los agricultores de las comunidades que aplican la agricultura sostenible y adoptan prácticas de utilización de la tierra que promueven la conservación de los bosques y la fauna y flora silvestres reciben mejores precios. También utiliza la planificación del uso de la tierra con los dirigentes y comunidades tradicionales para identificar y delimitar zonas para la conservación y la ordenación forestal.

Se utilizó dos metodologías de carbono aprobadas por la VCS para contabilizar las reducciones de emisiones del proyecto.