

CARBONO FORESTAL VIVEROS MONTEBELO

Documento preparado por Bioforestal Innovación Sustentable S.C.

Nombre del proyecto	Carbono Forestal Viveros Montebelo
Titular del proyecto	Viveros Montebelo S.R.L de C.V.
Información de contacto del titular del proyecto	Dirección de correo electrónico, teléfono, celular y dirección física
Participantes en el proyecto	Propietarios de los predios privados
Versión	1.0
Fecha	27/02/2025
Tipo de proyecto	AFOLU (ARR)
Proyecto agrupado	N/A
Metodología Aplicada	BCR0001 Cuantificación de las Remociones de GEI. Actividades de forestación, reforestación y revegetalización
Ubicación del proyecto (Ciudad, Región, País)	Ubicado al poniente del Estado de México, municipio de Valle de Bravo, México

Fecha de inicio	01/11/2019
Periodo de cuantificación de la reducción de emisiones de GEI	22/12/2019 a 21/12/2024
Cantidad total estimada y promedio anual de reducción/absorción de emisiones de GEI	<p>La cantidad total de reducciones de emisiones de GEI durante el período de cuantificación es de 130,531.17 ton.</p> <p>La cantidad media anual estimada de reducciones/absorciones de emisiones de GEI es de 26,106.23 ton.</p>
Objetivos de Desarrollo Sostenible	<p>ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento</p> <p>ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico</p> <p>ODS 13: Acción por el Clima</p> <p>ODS15: Vida de Ecosistemas Terrestres</p>
Categoría especial, relacionada con las coprestaciones	N/A

Tabla de contenidos

1	Tipo de proyecto y elegibilidad	5
1.1	<i>Alcance en la Norma BCR</i>	5
1.2	<i>Tipo de proyecto</i>	5
1.3	<i>Escala del proyecto</i>	6
2	Descripción general del proyecto	6
2.1	<i>Nombre del proyecto GHG</i>	6
2.2	<i>Objetivos</i>	7
2.3	<i>Actividades del proyecto</i>	7
2.4	<i>Ubicación del proyecto</i>	7
2.5	<i>Información adicional sobre el Proyecto GEI</i>	7
3	Cuantificación de la reducción de emisiones de GEI	7
3.1	<i>Metodología de cuantificación</i>	7
3.1.1	Condiciones de aplicabilidad de la metodología	7
3.1.2	Desviaciones de la metodología (si procede)	7
3.2	<i>Límites, fuentes y GEI del proyecto</i>	8
3.2.1	Límites espaciales del proyecto	8
3.2.2	Reservorios de carbono y fuentes de GEI	8
3.2.3	Plazos y periodos de análisis	8
3.2.3.1	Fecha de inicio del proyecto	9
3.2.3.2	Período de cuantificación de las reducciones/absorciones de emisiones de GEI	9
3.2.3.3	Periodos de seguimiento	9
3.3	<i>Identificación y descripción del escenario de referencia</i>	9
3.4	<i>Adicionalidad</i>	10
3.5	<i>Gestión de la incertidumbre</i>	10
3.6	<i>Fugas y no permanencia</i>	10
3.7	<i>Resultados de la mitigación</i>	11
3.7.1	Áreas elegibles dentro de los límites de los proyectos de GEI (proyectos del sector AFOLU)	11
3.7.2	Estratificación (Proyectos en el sector AFOLU)	11

3.7.3	Reducción/eliminación de emisiones de GEI en el escenario de referencia	12
3.7.4	Reducción/eliminación de emisiones de GEI en el escenario del proyecto	12
4	Cumplimiento de Leyes, Estatutos y Otros Marcos Regulatorios	13
5	Propiedad y derechos del carbono	13
5.1	<i>Titular del proyecto</i>	13
5.2	<i>Otros participantes del proyecto</i>	13
5.3	<i>Acuerdos relacionados con los derechos de carbono</i>	14
5.4	<i>Tenencia de la tierra (Proyectos en el sector AFOLU)</i>	15
6	Adaptación al cambio climático	15
7	Gestión de riesgos	15
7.1	<i>Riesgo de reversión</i>	16
7.1.1	<i>Informe de eventos de pérdida</i>	16
8	Salvaguardias para el desarrollo sostenible (SDS)	16
9	Participación y consulta de las partes interesadas	17
10	Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	18
11	Salvaguardas de REDD+ (para proyectos de REDD+)	18
12	Categorías especiales, relacionadas con co-beneficios (opcional)	18
13	Proyectos agrupados (si corresponde)	18
14	Otros programas de GEI	19
15	Evitar el doble conteo	19
16	Plan de seguimiento	20

1 Tipo de proyecto y elegibilidad

1.1 Alcance en la Norma BCR

Las actividades de reforestación y conservación de ecosistemas son fundamentales para mitigar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), ya que los ecosistemas naturales como los bosques, funcionan como sumideros de carbono, capturando y almacenando CO₂ de la atmósfera. Mediante programas de reforestación, se incrementa la capacidad de los ecosistemas para absorber carbono (Cuadro 1).

Cuadro 1. Las condiciones que cumple el proyecto bajo el alcance de la Norma BCR se marcan con una X.

El alcance de la Norma BCR se limita a:	
Los siguientes gases de efecto invernadero, incluidos en el Protocolo de Kioto: Dióxido de Carbono (CO ₂), Metano (CH ₄) y Óxido Nitroso (N ₂ O).	X
Proyectos de GEI utilizando una metodología desarrollada o aprobada por BioCarbon, aplicable a las actividades de remoción de GEI y actividades de REDD+ (Sector AFOLU).	X
Reducciones y/o absorciones cuantificables de emisiones de GEI generadas a través de la implementación de actividades de remoción de GEI y/o actividades de REDD+ (Sector AFOLU).	X
Proyectos de GEI que utilicen una metodología desarrollada o aprobada por BioCarbon, aplicable a actividades en los sectores de energía, transporte y residuos.	
Reducciones cuantificables de emisiones de GEI generadas a través de la implementación de actividades en los sectores de energía, transporte y residuos.	

Además, la conservación de estos ecosistemas previene la liberación de carbono almacenado que, de otra manera, podría ser emitido a la atmósfera si se pierden o degradan estos hábitats naturales. De esta forma, las actividades de reforestación y conservación contribuyen de manera significativa a la reducción de las emisiones de GEI.

Estas acciones tienen un impacto positivo en el medio ambiente y también benefician a las comunidades locales. Los ecosistemas saludables proporcionan servicios ambientales esenciales, como el suministro de agua, la regulación del clima, la prevención de desastres naturales y la mejora de la calidad del aire. Estos beneficios son fundamentales para las comunidades cercanas, particularmente en áreas rurales, donde la economía local con frecuencia depende directamente de los recursos naturales.

Para asegurar que las actividades de conservación sean efectivas y sostenibles a largo plazo, es imprescindible contar con estrategias de monitoreo continuo. En este sentido, el monitoreo de cambio de uso de suelo juega un papel clave, ya que permite observar y analizar las transformaciones que ocurren en el territorio. Este monitoreo es crucial para detectar cambios en el uso del suelo, como la deforestación, la expansión agrícola o la urbanización descontrolada, factores que inciden directamente en la alteración de los ecosistemas. Identificar estos cambios con antelación permite tomar medidas correctivas a tiempo, como la implementación de políticas de protección más estrictas o el rediseño de las estrategias de conservación.

Además, la implementación de un sistema de monitoreo efectivo puede promover una gestión adaptativa, es decir, de acuerdo con los resultados obtenidos, se integren una serie de acciones ajustadas acorde a las condiciones cambiantes del entorno. Este enfoque asegura que las actividades de reforestación no sólo respondan a las necesidades del momento, sino que se ajusten a los desafíos y oportunidades que puedan surgir en el futuro.

El manejo adecuado y la conservación de los recursos naturales, aunado a un monitoreo constante, son fundamentales para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas. La cual busca, además del uso equilibrado y protección de los recursos naturales, satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las futuras. Por lo que, incorporar prácticas de manejo forestal responsable y proteger los hábitats en riesgo, son acciones que cumplen con la función de conservar el medio ambiente y, simultáneamente, atienden la satisfacción de las necesidades humanas.

Finalmente, la sustentabilidad de estos proyectos radica en la participación colectiva de las comunidades locales en las actividades de conservación. A través

de la participación, el conocimiento tradicional y la sensibilización ambiental, las comunidades pueden desempeñar un rol importante en la protección de los ecosistemas, mientras que obtienen beneficios económicos a través de iniciativas como el ecoturismo, empleos ambientalmente responsables y el manejo y aprovechamiento responsable de los recursos naturales.

En resumen, las actividades de reforestación y conservación, acompañadas de un riguroso monitoreo de cambio de uso de suelo, coadyuvan a mitigar el cambio climático y promueve la regeneración de los ecosistemas, la mejora de la calidad de vida de las comunidades y la creación de un futuro más sostenible y resiliente para las próximas generaciones.

1.2 Tipo de proyecto

El proyecto se encuentra dentro de las actividades en el sector AFOLU, distintas de REDD+

1.3 Escala del proyecto

N/A

2 Descripción general del proyecto

“Carbono Forestal Viveros Montebelo” es un proyecto comprometido con la conservación y restauración de los recursos naturales, que brinda servicios ambientales de abastecimiento, apoyo, regulación y culturales, además de contribuir significativamente a la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) como el CO₂. Este esfuerzo busca disminuir las tasas de deforestación y del cambio de uso de suelo mediante la restauración, rehabilitación y recuperación del ecosistema.

Las actividades de restauración en zonas degradadas y la promoción de prácticas de manejo sostenible incorporadas en este proyecto, contribuyen a la conservación de especies nativas, tanto florísticas como faunísticas; a la mejora en la calidad del aire y al aumento de infiltración pluvial para alimentar los mantos acuíferos.

Viveros Montebelo también se involucra con las comunidades locales, generando empleos ambientalmente responsables y oportunidades de educación ambiental, promoviendo una cultura de respeto y cuidado hacia los ecosistemas.

- (a) Antes de iniciar el proyecto “Carbono Forestal Viveros Montebelo”, la zona se encontraba marcada por una dinámica natural de sucesión ecológica, fragmentación de hábitats y degradación del suelo. Esto conlleva a problemas causados, principalmente, por falta de manejo forestal y el cambio de uso de suelo que resultaron en la pérdida de biodiversidad y en un aumento de la erosión. La degradación del área había reducido la capacidad del ecosistema para capturar y almacenar carbono, contribuyendo al incremento de CO₂ en la atmósfera y al deterioro de la calidad del aire y del agua. La falta de cobertura vegetal también afectaba a las comunidades cercanas que dependían de estos recursos naturales.
- (b) Las actividades incluidas en el proyecto son reforestación, conservación del bosque y manejo sostenible de los recursos. Al restaurar la cobertura forestal, “Carbono Forestal Viveros Montebelo” aumentará la capacidad de absorción de carbono del ecosistema, capturando CO₂ de la atmósfera a medida que los árboles crecen. Además, la rehabilitación del suelo y la protección de las áreas reforestadas reducirán las emisiones de CO₂ derivadas de la erosión y la pérdida de materia orgánica. Estas acciones previenen la liberación de GEI y promueven la captura de carbono a largo plazo, mejorando así la capacidad de resiliencia del ecosistema.
- (c) El proyecto aplica para las siguientes categorías especiales:
 - 1. Forestal y Cambio Climático: Debido a que se centra en la restauración y manejo forestal sostenible, cumple con los criterios de conservación y captura de carbono mediante la recuperación del ecosistema.
 - 2. Manejo Sostenible de Tierras: La recuperación de suelos degradados y la reforestación permiten restaurar funciones ecológicas fundamentales, promoviendo la estabilidad del suelo y la biodiversidad.
 - 3. Protección de la Biodiversidad: Al restaurar el hábitat natural, se cumple con el criterio de protección de especies locales y mejora de la biodiversidad en la zona.
- (d) Las acciones llevadas a cabo en el proyecto inciden directamente en algunos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), entre ellos:

ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento): Contribuye a mejorar la calidad del agua mediante la conservación de cuencas y la reducción de la erosión.

ODS 8 (Trabajo Decente y Crecimiento Económico): Genera empleos ambientalmente responsables para las comunidades locales, fomentando la inclusión social y económica.

ODS 13 (Acción por el Clima): Ayuda a reducir las emisiones de CO₂ atmosférico mediante la captura de carbono en los árboles y suelos restaurados.

ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres): Promueve la restauración de los ecosistemas y la biodiversidad, así como desacelera la degradación de los suelos.

- (e) Se estima que el proyecto logrará una captura de carbono de aproximadamente 4,813.15 toneladas de CO₂ por hectárea al año (dependiendo de la especie plantada y de las condiciones del suelo). En un plazo de 10 años, se espera que el área de reforestación alcance un secuestro de aproximadamente 163,570.30 toneladas de CO₂ por hectárea. Esto implica una reducción considerable en la huella de carbono de la región, apoyando los objetivos de mitigación del cambio climático.

2.1 Nombre del proyecto GHG

“CARBONO FORESTAL VIVEROS MONTEBELO”

2.2 Objetivos

Para restaurar, rehabilitar y recuperar el ecosistema forestal, promoviendo la captura de CO₂ y beneficiando a la biodiversidad e infiltración del agua, se establecen los siguientes objetivos:

Restauración del Ecosistema Forestal con la implementación de prácticas de reforestación y recuperación del suelo que permitan mejorar la cobertura vegetal y los procesos naturales del bosque, promoviendo un ecosistema equilibrado y resiliente.

La captura de CO₂ se incrementará con la capacidad del bosque para capturar y almacenar CO₂ mediante la plantación y el manejo de coníferas y latifoliadas, así

como otras especies nativas complementarias, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

Fomento a la biodiversidad al rehabilitar el hábitat, esto favorece a una mayor diversidad de flora y fauna local, creando condiciones adecuadas para la preservación y el desarrollo de especies nativas.

Educación y concienciación ambiental con la participación de la comunidad local en actividades de reforestación, conservación y monitoreo, demostrando la importancia de estas acciones para el equilibrio del bosque y su papel en la captura de carbono, con el fin de fomentar un compromiso a largo plazo con el proyecto; apoyado en su mayoría con material visual.

Establecer un plan de monitoreo que permita evaluar el progreso del proyecto en términos de restauración forestal, captura de CO₂ y conservación de la biodiversidad, ajustando las estrategias conforme a los resultados.

Los objetivos antes mencionados consideran la recuperación del bosque, así como una relación más estrecha entre la comunidad local y el ecosistema, esto asegura la sustentabilidad del proyecto a mediano y largo plazo.

2.3 Actividades del proyecto

Cuadro 2. Descripción de las actividades del proyecto, incluyendo las tecnologías y los beneficios para las reducciones/absorciones de emisiones de GEI.

Actividad del proyecto	Descripción
------------------------	-------------

<p>Monitoreo Satelital del Cambio de uso de suelo</p>	<p>Las actividades humanas, como la ganadería y la agricultura, generan impactos significativos en el uso del suelo debido a la necesidad de expansión. Estas transformaciones provocan alteraciones en los paisajes naturales y modifican la dinámica de los ecosistemas, afectando su equilibrio y funcionalidad. Por tal motivo, se realizará el monitoreo satelital del área de proyecto con la finalidad de disminuir los cambios de uso de suelo en el área del proyecto y, de esta manera, mantener los acervos de carbono.</p>
<p>Restauración del Ecosistema Forestal</p>	<p>Obras de conservación que se obtendrán de un análisis de terreno, tanto para el trazado de curvas de nivel y elaboración de zanjas trincheras, las cuales favorecen las reforestaciones, así como el acomodo de material vegetal muerto. También se considera el control de malezas y el mantenimiento de brechas cortafuego, estas fomentan la estabilización del bosque y, a su vez, aumentan la capacidad de infiltración pluvial.</p>
<p>Captura de CO₂ del bosque</p>	<p>Un programa de reforestación en el que se contempla la supervisión y monitoreo, así como la preparación del terreno para una segunda fase de reforestación.</p> <p>Se incluye un plan de monitoreo de plagas y enfermedades.</p>
<p>Fomento a la Biodiversidad</p>	<p>A través de un programa de Educación Ambiental se implementarán actividades para transmitir la importancia de la conservación de la biodiversidad, incluyendo medios, como son letreros, para fomentar el cuidado de la biodiversidad.</p>

Educación y Concienciación ambiental	Mantener un plan de señalización ambiental con el propósito de educar y concienciar a los visitantes sobre la importancia de la conservación y el respeto por los ecosistemas locales. Este enfoque busca complementar las actividades de reforestación, promoviendo un cambio de actitud y comportamiento mediante mensajes visuales que fomenten la sostenibilidad y el compromiso ambiental.
--------------------------------------	---

2.4 Ubicación del proyecto

México se caracteriza por contar con una amplia diversidad de ecosistemas, es así como este proyecto se encuentra en la región centro del país, específicamente en Valle de Bravo, Estado de México. En la zona prevalecen climas templados fríos y la vegetación predominante son bosque de pino y bosque de montaña.

El área del proyecto contempla 214.38 hectáreas conformada por quince áreas de propiedad privada, las cuales cuentan con escrituras legítimas pertenecientes a la familia González Rodríguez, quienes denominaron a la propiedad de interés para este proyecto “Viveros Montebelo” (Figura 1).

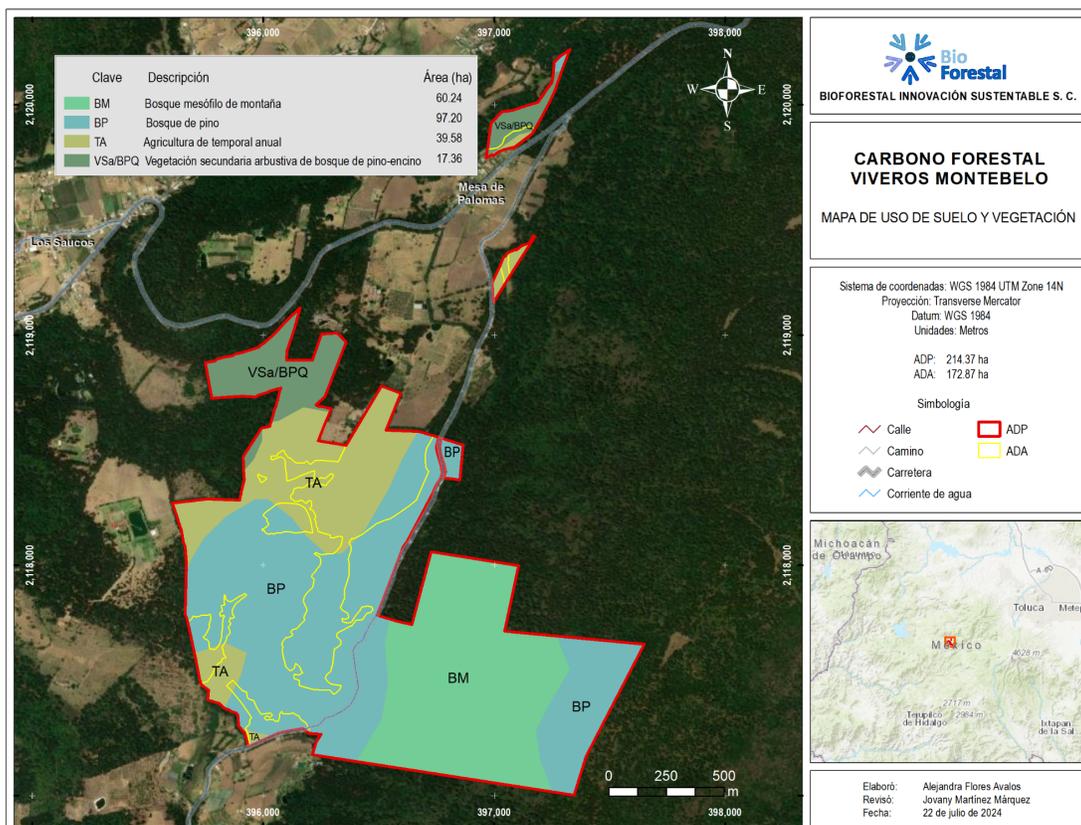


Figura 1. Mapa de uso de suelo y vegetación del área del predio.

2.5 Información adicional sobre el Proyecto GEI

El proyecto “Carbono Forestal Viveros Montebelo” se desarrolla en una región de densa vegetación dominada por el bosque de pino, ubicada dentro de la Zona Protectora Forestal de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec. Este proyecto pertenece a la cuenca del Río Temascaltepec y se enmarca en el programa de manejo del área natural protegida.

El objetivo principal es la conservación del ecosistema, enfocándose en preservar la biodiversidad, proteger el bosque de pino y contribuir a la recarga del acuífero. Sin embargo, la zona enfrenta amenazas tanto por actividades antropogénicas como por agentes naturales. Entre estas destacan el turismo (especialmente el senderismo), los incendios forestales y plagas como el descortezador, que afecta severamente a las especies de pino. Ante este panorama, Viveros Montebelo

trabaja activamente para mitigar el impacto de estas actividades, promoviendo la concienciación ambiental y estrategias de manejo sostenible.

Una parte del proyecto se encuentra en el Cerro Azul, con un punto máximo de altitud de 2,935 msnm, una zona frecuentada por turistas para practicar senderismo. Este tipo de actividades plantea retos adicionales, ya que, sin un control adecuado, podrían degradar el ecosistema. Por ello, el proyecto busca fomentar el ecoturismo responsable, alineado con los objetivos de conservación del área.

Impactos ecológicos y zonas prioritarias

El análisis de la integridad ecológica del área revela impactos negativos en una franja fronteriza que cubre el 17% del área del proyecto, donde los ecosistemas de bosque limitan con superficies de otros usos, incluyendo zonas agrícolas, recreativas y cuerpos de agua. Aunque la zona forestal muestra estabilidad ecosistémica gracias a las prácticas de mejoramiento y conservación, la frontera entre el bosque y las áreas agrícolas representa un factor de riesgo. Se plantea la necesidad de implementar mejores prácticas de manejo en estas áreas para minimizar los impactos y garantizar la preservación del ecosistema.

En cuanto a la integridad espacial y conectividad, el modelo de fragmentación de Riitters *et al.* (2021) indica que la conectividad entre áreas naturales remanentes es alta en el ecosistema de bosque, con valores de 70% a 100%. Sin embargo, las zonas de otros usos presentan menor conectividad, lo que refuerza la necesidad de proteger los límites del bosque para mantener su continuidad y evitar que las actividades humanas comprometan su estado futuro.

El proyecto cumple un papel fundamental en la conservación del bosque de pino y la biodiversidad de la región, enfrentando los retos de la antropización y las amenazas naturales. La implementación de estrategias de manejo sostenible y prácticas de concienciación ambiental es clave para garantizar la estabilidad del ecosistema, preservar su conectividad y proteger las zonas fronterizas de impacto. De este modo, el proyecto no solo contribuye a mitigar el cambio climático, sino también a asegurar la funcionalidad y permanencia de este importante ecosistema forestal.

3 Cuantificación de la reducción de emisiones de GEI

3.1 Metodología de cuantificación

El proyecto “*Carbono Forestal Viveros Montebelo*” utiliza la metodología BCR0001 - Cuantificación de las Remociones de GEI en Actividades de Forestación, Reforestación y Revegetalización.

Para realizar la cuantificación de biomasa y carbono, se adaptó la metodología al proyecto, por medio de un inventario forestal en el área de actividad (172.89 ha), se realizó la cuantificación de biomasa aérea y subterránea con ecuaciones alométricas específicas y generales, de acuerdo a las especies, mientras que para el cálculo de carbono se utilizó la ecuación estándar de conversión de biomasa a carbono.

La cuantificación se estableció en un periodo de 5 años (2019-2024) con línea base en noviembre de 2019. Con ayuda de un modelo de proyección y retroproyección en Excel, se estimaron valores previos a partir de datos actuales, permitiendo obtener estimaciones coherentes de la acumulación de carbono a lo largo del tiempo.

Esta adecuación de la metodología se realizó bajo los lineamientos establecidos en el estándar BCR, considerando que, en el caso de México, la información disponible para las especies incluidas en el proyecto debe ser de acuerdo a la región geográfica, sin embargo, aún existe la necesidad de adaptar nuevas metodologías para proyectos en el país. Así mismo, la metodología garantiza que las remociones de GEI sean verificables bajo la ISO 14064-3:2019. Estos resultados se registrarán en la plataforma y deberán ser auditados por una Entidad de Validación y Verificación independiente.

3.1.1 Condiciones de aplicabilidad de la metodología

Condiciones de aplicabilidad

(a) Las áreas, en los límites geográficos del proyecto, no corresponden a la categoría de bosque, ni a coberturas vegetales naturales diferentes a bosque, al inicio de las actividades del proyecto ni cinco años antes de la fecha de inicio del proyecto; Excepto para los casos en los que las actividades en el proyecto

corresponden a restauración, rehabilitación y recuperación. Para este caso el proyecto corresponde a actividades de restauración, rehabilitación y recuperación.

(b) Las actividades del proyecto no generan transformación de ecosistemas naturales; uno de los objetivos es preservar la biodiversidad y la conservación del área forestal, así como preservar la permanencia de las zonas de captación de agua.

(c) Las áreas en los límites geográficos del proyecto no corresponden a la categoría de humedales ya que el proyecto está en ecosistema de bosque de pino.

(d) Las áreas en los límites geográficos del proyecto no contienen suelos orgánicos.

(e) Es posible que las reservas de carbono en la materia orgánica del suelo, la hojarasca y la madera muerta disminuyan, o permanezcan estables, en ausencia de las actividades del proyecto, es decir, en relación con el escenario de línea base;

(f) No se emplea riego por inundación;

(g) Las actividades de proyecto no incluyen la siembra y/o manejo de especies reportadas como invasoras;

(h) Los efectos del drenaje son insignificantes, por lo que se pueden omitir las emisiones de GEI, diferentes a CO₂;

(i) Las alteraciones del suelo, debidas a las actividades del proyecto, si las hay, se realizan de acuerdo con prácticas adecuadas de conservación del suelo y no se repiten en menos de 20 años.

3.1.2 Desviaciones de la metodología

N/A

3.2 Límites, fuentes y GEI del proyecto

En México, la propiedad privada se define como el derecho que tiene una persona física o moral para usar, gozar y disponer de un bien dentro de los límites y modalidades establecidas por la ley. Este derecho está reconocido y protegido por el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. La propiedad privada debe estar respaldada por un título de propiedad inscrito en el

Registro Público de la Propiedad. Esto garantiza la seguridad jurídica del propietario.

3.2.1 Límites espaciales del proyecto

El área de proyecto está conformada por 15 áreas, el tipo de propiedad es privada y se ampara con sus correspondientes títulos de propiedad; estas abarcan una superficie total de 214.38 hectáreas, ubicadas en el municipio de Valle de Bravo, Estado de México (Cuadro 3 y 4 y Figura 2). El Anexo 1_Escrituras, contiene documentos de las propiedades listadas en el Cuadro 3, con un concentrado de datos de cada una.

Cuadro 3. Clasificación de las áreas del proyecto conforme a la escritura, propietario y superficie.

Área	Escritura	Propietario	Superficie (ha)
Polígono	Escritura 11147	Alonso, Ignacio y Luis Enrique González Rodríguez	2.7000
Polígono	Escritura 11182	Alonso, Ignacio y Luis Enrique González Rodríguez	10.3738
Polígono	Escritura 11183	Alonso, Ignacio y Luis Enrique González Rodríguez	1.4045
Polígono	Escritura 11184	Alonso, Ignacio y Luis Enrique González Rodríguez	1.3655
Polígono J	Escritura 10060	Alonso González Rodríguez	3.3161
Polígono C	Escritura 262/516	Ignacio González Rodríguez	20.0000
Polígono B	Escritura 263/513	Luis Enrique González Rodríguez	55.7519
Polígono C	Escritura 264/517	Ignacio González Rodríguez	10.2698
Polígono D	Escritura 265/514	Ignacio González Rodríguez	1.7450
Polígono B	Escritura 266/515	Luis Enrique González Rodríguez	17.0229
Polígono P	Escritura 267	Luis Enrique González Rodríguez	3.8679
Polígono L	Escritura 27093	Alonso González Rodríguez	12.0000
Polígono K	Escritura 3733	Alonso González Rodríguez	26.1919

Área	Escritura	Propietario	Superficie (ha)
Polígono A	Escritura 7045	Viveros Montebelo, Sociedad de Responsabilidad Limitada de Capital Variable	4.0000
Rancho Las Palomas	Escrituras: 7,044, 7,046, 7,047, 7,219, 7,221 y 9,216	Viveros Montebelo, Sociedad de Responsabilidad Limitada de Capital Variable	44.3692
Total			214.38

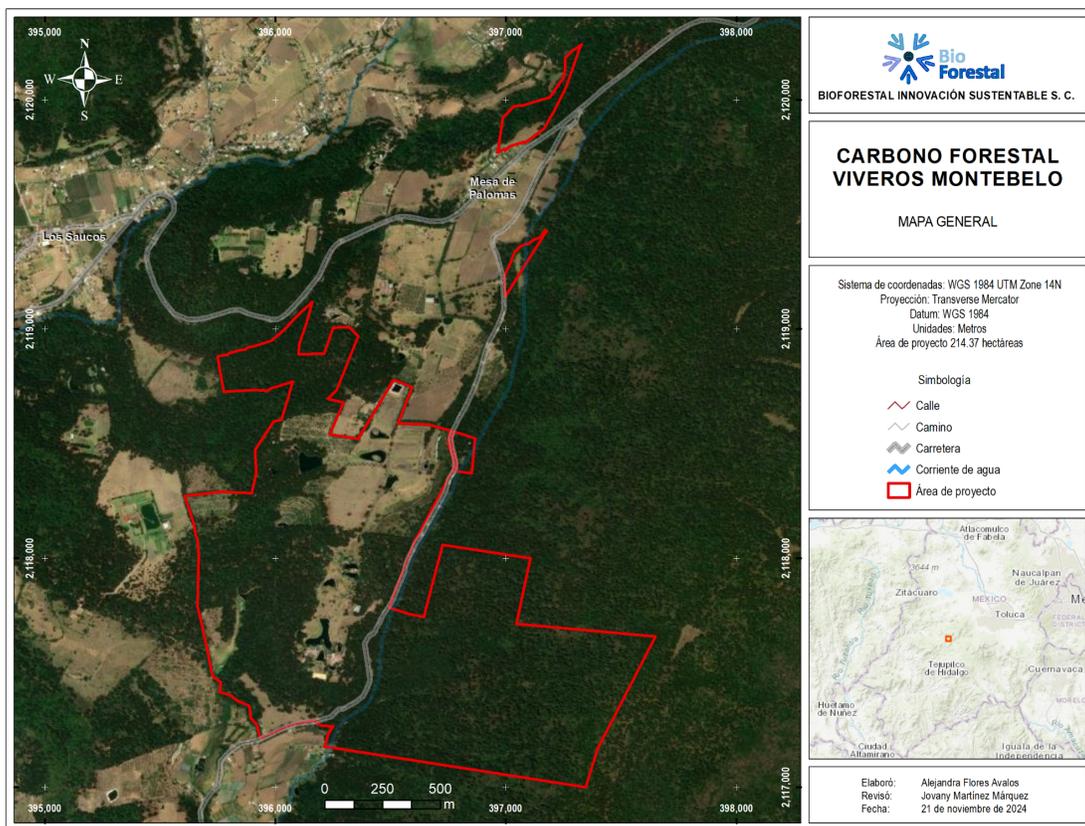


Figura 2. Mapa de referencia geográfica del área del proyecto, mostrando la ubicación y relación de los vértices que la delimitan.

Cuadro 4. Cuadro de Construcción del Límite del Predio

Sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator UTM Zona 14, basado en WGS84								
Vértice	X_COORD	Y_COORD	Vértice	X_COORD	Y_COORD	Vértice	X_COORD	Y_COORD
1	396865.385	2118522.70	71	396169.486	2117291.10	141	395874.391	2118915.84
2	396851.800	2118370.44	72	396097.549	2117279.32	142	395883.582	2118919.79
3	396831.970	2118373.04	73	396061.274	2117269.27	143	395905.170	2118924.09
4	396782.396	2118379.55	74	395934.616	2117212.67	144	395921.536	2118929.32
5	396788.428	2118405.87	75	395919.531	2117271.73	145	395931.751	2118932.14
6	396781.992	2118441.29	76	395893.273	2117301.46	146	395938.537	2118934.60
7	396766.597	2118492.00	77	395890.296	2117338.63	147	395981.486	2118948.48
8	396764.257	2118515.89	78	395888.708	2117349.70	148	395993.924	2118960.52
9	396770.221	2118553.42	79	395881.924	2117357.75	149	396006.392	2118968.65
10	396846.352	2118528.84	80	395861.526	2117365.87	150	396010.335	2118973.01
11	396865.385	2118522.70	81	395849.476	2117371.88	151	396017.684	2118978.06
12	396102.915	2118933.14	82	395845.938	2117374.99	152	396031.504	2118991.61
13	396101.543	2118890.85	83	395841.888	2117374.24	153	396052.603	2119010.66
14	396212.357	2118891.49	84	395823.761	2117384.99	154	396053.978	2119012.23
15	396251.255	2119005.68	85	395810.301	2117399.97	155	396101.208	2119064.39
16	396286.524	2119006.94	86	395758.928	2117415.59	156	396160.030	2119118.28
17	396321.792	2119008.21	87	395763.178	2117457.90	157	396135.279	2119027.12
18	396358.493	2118968.83	88	395732.651	2117479.48	158	396102.915	2118933.14
19	396265.674	2118731.81	89	395728.567	2117489.55	159	397176.386	2119428.83
20	396249.377	2118716.27	90	395722.928	2117505.82	160	397113.179	2119327.98
21	396228.210	2118696.09	91	395705.555	2117599.16	161	396995.282	2119139.88
22	396235.161	2118692.73	92	395680.199	2117715.09	162	396991.819	2119229.38
23	396242.325	2118690.42	93	395668.100	2117768.53	163	397016.282	2119283.48
24	396253.907	2118689.60	94	395661.201	2117786.86	164	397021.801	2119294.07
25	396295.099	2118679.20	95	395667.410	2118010.19	165	397024.579	2119302.97
26	396266.273	2118613.54	96	395661.376	2118080.59	166	397039.112	2119337.37
27	396237.260	2118540.56	97	395653.102	2118105.26	167	397042.087	2119339.78
28	396359.250	2118521.07	98	395646.195	2118151.14	168	397044.816	2119341.72
29	396512.304	2118778.51	99	395617.514	2118238.69	169	397047.963	2119343.86
30	396594.645	2118747.00	100	395607.057	2118270.61	170	397051.966	2119349.04
31	396530.908	2118587.86	101	395730.737	2118285.61	171	397058.166	2119357.64

Sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator UTM Zona 14, basado en WGS84

Vértice	X_COORD	Y_COORD	Vértice	X_COORD	Y_COORD	Vértice	X_COORD	Y_COORD
32	396666.753	2118582.68	102	395756.143	2118288.69	172	397065.343	2119360.76
33	396671.177	2118581.49	103	395897.832	2118283.83	173	397078.438	2119366.38
34	396757.892	2118557.40	104	395900.140	2118298.32	174	397088.916	2119371.90
35	396757.836	2118554.38	105	395902.642	2118308.53	175	397095.214	2119370.56
36	396753.111	2118530.57	106	395905.651	2118321.55	176	397118.442	2119387.78
37	396751.800	2118527.68	107	395910.322	2118342.09	177	397149.312	2119400.05
38	396750.100	2118518.78	108	395916.315	2118364.80	178	397152.681	2119404.01
39	396750.138	2118509.75	109	395917.203	2118369.81	179	397156.265	2119408.12
40	396751.359	2118500.67	110	395916.062	2118391.75	180	397168.454	2119431.35
41	396754.833	2118485.99	111	395914.872	2118420.31	181	397176.386	2119428.83
42	396755.487	2118483.34	112	395913.650	2118447.60	182	397165.660	2119875.97
43	396770.214	2118433.50	113	395912.625	2118465.97	183	397081.850	2119812.26
44	396773.822	2118409.47	114	395913.332	2118474.67	184	397080.148	2119816.64
45	396774.518	2118406.42	115	395992.662	2118596.04	185	397053.883	2119808.96
46	396774.079	2118400.31	116	396027.417	2118603.11	186	397039.378	2119804.95
47	396773.548	2118397.40	117	396050.569	2118683.49	187	397017.914	2119796.98
48	396767.761	2118379.66	118	396051.847	2118685.53	188	396996.106	2119779.39
49	396754.967	2118358.46	119	396064.460	2118731.72	189	396990.287	2119784.60
50	396753.374	2118355.94	120	396069.531	2118749.33	190	396964.187	2119769.96
51	396743.976	2118340.89	121	396075.601	2118770.40	191	396987.132	2119921.22
52	396735.020	2118317.38	122	396064.657	2118767.73	192	397033.388	2119971.24
53	396621.009	2118101.71	123	396060.732	2118766.52	193	397077.113	2119976.90
54	396603.784	2118077.62	124	396026.617	2118755.65	194	397145.536	2119998.69
55	396514.375	2117842.50	125	396022.161	2118753.49	195	397189.463	2120011.42
56	396491.957	2117783.55	126	395980.865	2118740.41	196	397235.337	2120078.68
57	396580.599	2117756.37	127	395965.464	2118730.81	197	397249.994	2120096.28
58	396643.859	2117743.28	128	395911.190	2118734.69	198	397256.554	2120140.17
59	396726.196	2118058.50	129	395776.069	2118726.82	199	397257.984	2120183.70
60	397105.561	2117999.31	130	395774.533	2118735.58	200	397281.969	2120209.23
61	397045.601	2117713.26	131	395774.995	2118742.20	201	397327.556	2120241.34
62	397648.951	2117657.14	132	395772.948	2118744.62	202	397318.449	2120220.38
63	397440.336	2117251.53	133	395749.163	2118880.25	203	397290.232	2120142.99

Sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator UTM Zona 14, basado en WGS84								
Vértice	X_COORD	Y_COORD	Vértice	X_COORD	Y_COORD	Vértice	X_COORD	Y_COORD
64	397397.031	2117168.22	134	395760.014	2118882.73	204	397264.266	2120065.06
65	397346.058	2117000.78	135	395770.029	2118884.43	205	397255.710	2120045.26
66	396212.508	2117177.08	136	395791.023	2118887.59	206	397242.519	2120019.15
67	396228.875	2117231.43	137	395796.426	2118894.23	207	397205.762	2119945.53
68	396250.312	2117266.04	138	395833.937	2118905.19	208	397194.741	2119928.43
69	396198.421	2117268.69	139	395847.887	2118907.24	209	397165.660	2119875.97
70	396179.918	2117283.35	140	395868.244	2118910.31			

3.2.2 Reservorios de carbono y fuentes de GEI

Cuadro 5. Fuentes y reservorios de GEI relevantes para el proyecto. Con grupos y fuentes incluidos en la metodología aplicada en el proyecto.

Fuente o embalse	GEI	Incluido (Sí/No/Opcional)	Justificación
Combustión de biomasa leñosa	CO ₂	No	Las emisiones de CO ₂ debidas a la combustión de biomasa leñosa no son cuantificadas como cambios en las reservas de carbono.
	CH ₄	Si	La combustión de biomasa leñosa debida a la preparación del sitio como parte de la preparación del suelo es permitida por esta metodología. En caso de realizarse, deben cuantificarse las emisiones de CH ₄ .
	N ₂ O	Si	La combustión de biomasa leñosa, debido a la preparación del sitio, como parte de la preparación del suelo, es permitida por esta metodología. En caso de realizarse deben

cuantificarse las emisiones de N₂O.

3.2.3 Plazos y periodos de análisis

Los plazos de los proyectos corresponden a los períodos en los cuales se cuantifican las reducciones o absorciones de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). La Norma BCR establece que los plazos de cuantificación pueden ser fijos o renovables, dependiendo del tipo de proyecto y del compromiso adquirido por el titular del mismo.

Definición y Elección del Plazo de Cuantificación

Para proyectos en el sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo), los períodos de cuantificación están regulados de la siguiente manera:

- Proyectos ARR (Aforestación, Reforestación y Revegetación):
 - Plazo máximo: 40 años.
 - Períodos de cuantificación: Se elige un período renovable de 30 años, con opción a renovación por 10 años adicionales, totalizando un máximo de 40 años.

La cuantificación de reducciones y absorciones de emisiones de GEI se realiza en función de la línea base establecida. La validez de esta línea base es determinada por el período de compromiso que ha adquirido el dueño forestal para la ejecución del proyecto.

Renovación de la Línea Base

Antes de la culminación del período de 30 años, se deberá solicitar la renovación de la línea base. Esta renovación implica:

1. Evaluación de la Validez de la Línea Base Original
 - Se revisará si las condiciones del escenario de referencia siguen siendo aplicables.
 - Se considerará el impacto de cambios en políticas nacionales y circunstancias del sector.
2. Actualización de la Línea Base (si es necesario)

- Si la línea base ha dejado de ser válida, se actualizarán los datos con información reciente y pertinente.
 - Si BIOCARBON lo requiere, dados sus requerimientos.
 - Se deberá seguir una metodología aprobada por BIOCARBON para esta actualización.
3. Proceso de Renovación
- La intención de renovar debe ser notificada a BIOCARBON al menos seis meses antes de la finalización del período de cuantificación.
 - Se abre un período de consulta pública de 30 días para recibir observaciones sobre la actualización.
 - Si no hay objeciones dentro de este período, se considera renovado el plazo de cuantificación del proyecto.

Impacto en la Emisión de Créditos de Carbono

Durante el proceso de renovación, será necesario validar nuevamente la línea base y las metodologías de monitoreo aplicadas. Esto garantiza que las reducciones de GEI generadas continúan siendo verificables y adicionales, permitiendo la emisión de nuevos Créditos de Carbono Verificados (CCV).

3.2.3.1 Fecha de inicio del proyecto

La fecha de inicio del proyecto se establece en el año 2019, de acuerdo con la documentación que respalda el comienzo de las actividades orientadas a la lucha contra el calentamiento global, disminuyendo la huella de carbono, como mejorar las áreas verdes, el desempeño de la cuenca hidrográfica, protección del suelo de la erosión, la reforestación, entre otras actividades. Cabe resaltar que el manejo del área del proyecto se ha llevado a cabo desde el año 2001 (Anexo 2_Contrato 2001). Conforme a lo estipulado en la Sección 10.4 del Estándar BCR, esta fecha corresponde al momento en el cual se inicia la implementación y ejecución efectiva del proyecto.

Para sustentar esta fecha, se presentan las siguientes evidencias documentales:

- Contrato firmado en 2019, en el que se establecen actividades relevantes para la reducción de la huella de carbono (Anexo 3_Contrato 2019).

- Registro de jornales, que demuestra la ejecución de actividades en campo relacionadas con la preparación del sitio y el inicio de las acciones del proyecto (Anexo 4_2020 Jornales mantenimiento bosque).
- Plan de Manejo Forestal para la regeneración del bosque mediante prácticas sostenibles (Anexo 5_PMF).
- Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) aprobada, que respalda la protección ambiental del sitio y establecimiento de estrategias de mitigación (Anexo 6_MIA).

Estas evidencias cumplen con los requisitos establecidos en la norma BCR, ya que incluyen contratos de prestación de servicios, documentación de actividades en campo y registros de mano de obra, elementos esenciales para validar la fecha de inicio de un proyecto de GEI.

El proyecto inició en 2019 y tendrá una duración de 30 años, por lo que su conclusión está programada para el año 2049. Durante este período, se llevarán a cabo seguimientos anuales, en los cuales se evaluará el cumplimiento de los objetivos del proyecto, la evolución de las reducciones de emisiones de GEI y la implementación de las estrategias de manejo y conservación establecidas.

3.3 Identificación y descripción del escenario de referencia

El escenario de línea base se validó mediante la realización de un inventario forestal, que permitió cuantificar la cantidad de CO₂ almacenado en el bosque de Viveros Montebelo. Este inventario sirve para establecer el escenario de referencia necesario para medir los avances y los impactos de las acciones de conservación y reforestación. A través de este inventario, se pueden identificar las especies presentes, la densidad de la vegetación, la biomasa y otros parámetros claves para estimar el almacenamiento de carbono en el ecosistema.

Una vez definido el escenario de línea base, se pudieron establecer las acciones concretas de conservación, como la protección de áreas críticas y reforestación, mediante la plantación de especies nativas adaptadas al ecosistema local. Estas acciones estarán orientadas a aumentar la capacidad del ecosistema para secuestrar carbono, mejorar su salud y regeneración, y fortalecer su resiliencia ante el cambio climático.

Además, se implementará un programa de monitoreo continuo que permita seguir de cerca la transformación del ecosistema. El monitoreo incluirá el uso de tecnologías como imágenes satelitales y sensores remotos, lo que facilitará la recopilación de datos precisos y en tiempo real sobre los cambios en la cobertura forestal y los niveles de carbono almacenado. Estos datos son fundamentales para crear indicadores que midan el progreso respecto a la línea base inicial y permitan ajustar las estrategias de manejo según sea necesario.

A medida que las actividades de conservación y reforestación se implementen, se espera que los indicadores de carbono y cobertura vegetal reflejen un aumento en la capacidad de secuestro de CO₂, lo cual indica que las acciones están siendo efectivas. La comparación continua con el escenario de línea base permitirá validar el impacto de las intervenciones, ajustar las prácticas de manejo y asegurar que se alcancen los objetivos de sostenibilidad a largo plazo. Además, estos indicadores pueden servir para la rendición de cuentas, garantizando la transparencia y el éxito de las acciones emprendidas.

3.4 Adicionalidad

El proyecto “Carbono Forestal Viveros Montebelo” cumple con los criterios de adicionalidad establecidos en la Norma BCR, lo que garantiza que las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por el proyecto son adicionales a lo que ocurriría en ausencia del mismo. Para demostrar la adicionalidad, se han considerado los siguientes criterios:

El escenario base para este proyecto representa la continuidad de las condiciones actuales del terreno en ausencia de intervención. Se identificaron los siguientes elementos en el área del proyecto antes de su implementación:

Presión y ejecución de ciertas prácticas, como la provocación de incendios, por parte de comunidades vecinas con el objetivo de facilitar el cambio de uso de suelo.

Reducción en la capacidad de captura de carbono debido a la falta de manejo forestal, particularmente en el mantenimiento de brechas cortafuego y la limpieza de materia orgánica. Estas acciones son fundamentales en la zona, ya que, en promedio, se registran seis incendios al año, lo que reduce la superficie forestal.

Pérdida progresiva de biodiversidad como consecuencia de la transformación del ecosistema y los efectos del cambio climático. Esto ha provocado una disminución en el avistamiento de la mariposa monarca en esta zona, que forma parte de la ruta de paso de las mariposas juveniles hacia sus bosques de destino, en donde se reproducen.

Disminución de la cantidad de agua captada, por los manantiales de la zona, dado que el 90% de esa agua proviene de la lluvia y el mantenimiento del bosque y las reforestaciones ha sido lo que ha mantenido a los manantiales de almacenamiento de agua y de uso constante.

En contraste, el escenario con proyecto contempla actividades de reforestación, restauración de suelos y conservación de áreas forestales, aumentando la capacidad de captura de carbono y asegurando la regeneración del ecosistema, incluyendo:

- Plan de actividades de restauración, reforestación
- Uso de técnicas avanzadas de reforestación y restauración del suelo para incrementar la captura de carbono.
- Creación de un sistema de monitoreo satelital para evaluar cambios en la cobertura forestal y cuantificar el impacto del proyecto.
- Concientización y revalorización del valor del cuidado y conservación del bosque por medio de la capacitación y la información ambiental. Tomando en cuenta el listado florístico con el que cuenta el predio (Anexo 7 _ Estudio Florístico).
- Beneficios económicos a las mujeres y hombres que colaboran en las labores de cuidado y mantenimiento del bosque.

La comparación de ambos escenarios demuestra que el proyecto genera beneficios adicionales que no ocurrirían de manera natural ni por obligación legal.

Prueba de barrera

El proyecto enfrenta barreras económicas, técnicas y regulatorias que impiden que las actividades de captura de carbono ocurran sin la implementación del proyecto:

a) Barreras económicas

- La reforestación y el manejo forestal requieren inversiones considerables en insumos, mano de obra y monitoreo a largo plazo, lo que hace inviable la implementación de estas acciones sin financiamiento adicional.
- Sin el incentivo de los créditos de carbono, los propietarios del terreno sufrirán un desgaste financiero para restaurar y conservar las áreas degradadas además de verse limitados sus alcances en la implementación de tecnología y manejos adecuados.

b) Barreras tecnológicas

- El conocimiento técnico y los recursos para restauración forestal son limitados en la región, dificultando la implementación de medidas sin asistencia técnica especializada.
- El monitoreo y cuantificación de carbono requieren tecnologías de teledetección y análisis de datos que no están disponibles sin financiamiento adicional. La falta de acceso a tecnología para el monitoreo satelital y el manejo adaptativo del ecosistema impide la implementación de medidas efectivas de conservación.

c) Barreras regulatorias

- No existe un mandato legal que obligue a los propietarios a reforestar o a mantener áreas de conservación con la misma intensidad y escala que lo hace el proyecto.

El proyecto no sustituye ni se solapa con ninguna obligación legal de restauración forestal o mitigación de emisiones de GEI. Actualmente, la legislación local no impone a los propietarios la obligación de reforestar ni de compensar las emisiones derivadas del cambio de uso de suelo. Por lo tanto, todas las reducciones y remociones de GEI generadas por el proyecto son voluntarias y adicionales a cualquier regulación ambiental vigente.

Herramienta de adicionalidad aplicada

Para evaluar la adicionalidad del proyecto, se consideraron los principios de la Herramienta para la demostración y evaluación de adicionalidad (AR-TOOL-02) del Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM-UNFCCC), en conformidad con las metodologías BCR para proyectos AFOLU.

Aunque el predio es de propiedad privada y ha mantenido históricamente un estado de conservación adecuado. La gestión continua del sitio, incluyendo la prevención y atención de incendios forestales, ha permitido minimizar las alteraciones en el ecosistema. Los beneficios económicos derivados del proyecto pueden contribuir a que esta condición de conservación se mantenga en el tiempo, asegurando la continuidad de las prácticas de manejo sostenible y la prevención de impactos negativos en el ecosistema.

3.5 Gestión de la incertidumbre

El proyecto sigue el principio de actitud conservadora, asegurando que los cálculos de reducción de emisiones y absorciones de GEI sean realistas y verificables, sin sobreestimar las absorciones de GEI. Por lo tanto, se implementan los siguientes mecanismos de gestión de la incertidumbre, alineados con la Norma BCR y al documento metodológico BCR0001.

Considerando el uso de supuestos conservadores en la cuantificación, se han aplicado valores y procedimientos que minimizan la sobreestimación de las remociones de carbono. Por ende, se utilizaron valores de biomasa y carbono obtenidos a partir de ecuaciones alométricas específicas para algunas especies y ecuaciones generales para biomasa aérea y subterránea. En los casos donde no existieron ecuaciones específicas, se han usado valores de estudios nacionales o regionales, por lo que esto debe considerarse para aplicar factores de descuento según la calidad y aplicabilidad de los datos.

Con ayuda de un modelo de proyección y retroproyección implementado en Excel para estimar valores en el tiempo, se aseguró que las estimaciones sean consistentes y reflejen valores cercanos o aproximados a la realidad, es decir, que estos contemplen factores complejos pero lógicos. Por tanto, con la finalidad de evitar sesgos en la retroproyección, se aplicaron ajustes basados en la variabilidad del crecimiento forestal en el sitio del proyecto. Es importante señalar que se planea realizar remediciones en ciertos periodos en parcelas permanentes para aplicar la metodología de manera completa.

En ausencia de mediciones múltiples, se aplican factores de descuento a las estimaciones de biomasa y carbono para gestionar la incertidumbre, según lo establecido en el documento metodológico BCR0001. Los cuales son:

Estos descuentos garantizan que las remociones de GEI no sean sobreestimadas, alineándose con la ISO 1406-3:2019 y los requisitos de verificación de acuerdo a la Norma BCR.

3.6 Fugas y no permanencia

“*Carbono Forestal Viveros Montebelo*” implementa medidas específicas para cuantificar y gestionar el riesgo de fuga y asegurar la permanencia de las reducciones de GEI, conforme a la Metodología BCRO001 y la Herramienta BCR - Permanence and Risk Management (Versión 1.1, marzo 2024).

Con el propósito de minimizar el impacto de la fuga, se han considerado los posibles desplazamientos de actividades que podrían aumentar las emisiones de GEI fuera del área del proyecto. La evaluación del riesgo de fuga se basa en la identificación de actividades preexistentes y la aplicación de medidas de mitigación, de acuerdo a la metodología, para estimar y, en caso necesario, descontar las emisiones atribuibles a fugas. En cada verificación, se actualizará la evaluación de riesgos y, si se detecta un impacto significativo, se aplicarán factores de descuento en la cuantificación de remociones.

En aras de asegurar la permanencia de las reducciones de GEI, se retiene un 20% de los créditos generados en cada verificación, dividiendo este porcentaje en un 10% en la cuenta del proyecto y 10% en la cuenta de reserva general de BioCarbon. Asimismo, se implementa un sistema de monitoreo que evalúa riesgos naturales y antrópicos, asegurando la estabilidad del carbono almacenado. En caso de una reversión, se debe presentar un “Reporte de Evento Perdido” dentro de un plazo no mayor a un año para documentar la pérdida de carbono y aplicar medidas correctivas; si el informe no es entregado a tiempo, el proyecto perderá elegibilidad para emitir nuevos créditos.

A largo plazo, se aplican medidas de gestión del riesgo que incluyen la prevención de incendios, el control de plagas y el monitoreo de cambios de uso de suelo. Los créditos en la reserva pueden ser liberados en futuras verificaciones si el proyecto mantiene su elegibilidad bajo BioCarbon. Con estas estrategias, el proyecto

cumple con los requisitos, asegurando la integridad ambiental y la permanencia de las reducciones de GEI en el futuro.

3.7 Resultados de la mitigación

El proyecto garantiza que los resultados de reducción o remoción de emisiones de GEI son verificables mediante la aplicación de metodologías estandarizadas y mecanismos de monitoreo conforme a la Norma ISO 14064-3:2019 (Cuantificación, Monitoreo y Verificación de GEI) lo cual se demuestra a continuación.

La cuantificación de las reducciones de GEI se realiza siguiendo un protocolo riguroso que incluye el establecimiento de una línea base, en la cual se define el nivel de emisiones previo a la implementación del proyecto considerando escenarios de referencia basados en datos históricos y modelos aceptados.

La implementación de un monitoreo de actividades del proyecto en el que se llevan a cabo mediciones y remediciones periódicas para actualizar la información de la cuantificación de biomasa y carbono almacenado, en el que se contemplan los inventarios forestales con una metodología de campo establecida y el apoyo de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG).

El proyecto está sujeto a auditorías y verificaciones realizadas por una Entidad de Validación y Verificación (VVB) acreditada bajo la Norma ISO 14064-3:2019. Durante esta verificación se revisan los datos recopilados, la metodología para la medición y los cálculos para estimar la biomasa y carbono almacenado. Se evalúa la correcta implementación del proyecto y su cumplimiento con los criterios establecidos por BioCarbon Standard, posteriormente, se emite un informe de verificación que confirma la cantidad de créditos de carbono generados (VCCs).

3.7.1 Áreas elegibles dentro de los límites de los proyectos de GEI (proyectos del sector AFOLU)

“Carbono Forestal Viveros Montebelo” está conformado por 15 áreas respaldadas por sus correspondientes escrituras, que abarcan una superficie total de 214.38 hectáreas, ubicadas en el municipio de Valle de Bravo, Estado de México.

En México, el INEGI coordina el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica; y uno de los temas que desarrolla es el Uso de Suelo y Vegetación. El conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación a escala 1:250,000 de la serie VII en conjunto nacional, es el más reciente y fue publicado en el año 2018. Esta información es fundamental para conocer el ecosistema de las áreas que se describen a continuación.

En el área contemplada para el proyecto predomina el bosque de coníferas y bosque de niebla o de montaña, la descripción específica es la siguiente:

- Bosque de pino con 97.2 hectáreas
- Bosque mesófilo de montaña con 60.24 hectáreas
- Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino con 17.36 hectáreas
- Agricultura de temporal anual con 39.58 hectáreas

Una vez obtenida esta información, para llevar a cabo el análisis multitemporal de imágenes satelitales, se procedió a descargar imágenes del sensor Sentinel-2, enfocadas en el área de estudio. Se seleccionaron fechas con poca o nula precipitación, con el fin de obtener una mejor apreciación de la cobertura vegetal. Por ello, se priorizó la búsqueda de imágenes correspondientes a los meses de enero a abril.

Las fechas óptimas:

- Fecha anterior a 5 años: 22 de abril de 2019
- Fecha actual: 30 de abril de 2024

Las imágenes fueron obtenidas a través del navegador Copernicus Browser, de la colección Sentinel-2 L2A, utilizando bandas con una resolución de 10 metros. Posteriormente, se procedió al procesamiento de las imágenes de satélite para realizar una clasificación supervisada de cada escena, lo que permitió generar la matriz de cambios.

Utilizando la combinación de bandas infrarrojo 8-4-3 la cual tiene buena sensibilidad a la vegetación verde, debido a la alta reflectividad en el infrarrojo y la baja en el visible, y representa de forma clara caminos y masas de agua. Además, muestra bosques coníferos con un rojo más oscuro mientras que los bosques caducifolios lo hacen con un rojo más claro.

La clasificación supervisada se realizó mediante el software ArcGIS, el cual permite clasificar el ráster por medio de cada píxel de una celda, es necesario tener conocimiento previo de las clases del área de estudio (uso actual del suelo). Se debe marcar puntos y asignar un valor numérico para cada clase.

Tras el análisis del área, se identificaron cinco clases de uso de suelo y vegetación: bosque de pino, bosque, vegetación secundaria, suelo y cuerpos de agua. Para determinar la tasa de cambio para los años considerados se usa la ecuación desarrollada por la FAO en 1996 y adaptada por Palacio-Prieto *et al* en 2004.

$$\delta_n = \left[\left(\left(\left(\frac{s_2}{s_1} \right)^{\frac{1}{n}} \right) - 1 \right) * 100 \right]$$

Donde:

δ_n = Tasa de cambio expresada en porcentaje

s_1 = Superficie de la fecha 1

s_2 = Superficie de la fecha 2

n = Número de años entre s_1 y s_2

La determinación de la pérdida o ganancia en el proceso de restauración de los diferentes tipos de vegetación se obtuvo mediante la construcción de matrices de transición y tasas de cambio para los años considerados en el estudio, mediante la ecuación desarrollada por la FAO (1996) y adaptada por Palacio-Prieto *et al.* (2004).

Un valor positivo de tasa de cambio indica ganancia de superficie, mientras que a un valor negativo le corresponde una pérdida de cobertura (Cuadro 6).

Cuadro 6. Cambios en la cobertura del suelo del año 2019 y 2024

Tipo de uso	2019	2024	Tasa de cambio
	Superficie (ha)	Superficie (ha)	%
Bosque de pino	110.36	94.14	-3.13

Bosque	26.12	53.96	15.62
Vegetación dispersa	65.17	52.34	-4.29
Suelo	10.08	10.76	1.31
Agua	2.64	3.17	3.73

Al analizar la tasa de cambio, se observó que las principales variaciones ocurrieron en el bosque de pino y la vegetación dispersa, mostrando pérdidas de bajo impacto. Utilizando la técnica de Martin Döllner, se determinó que el cambio en el bosque de pino se trasladó principalmente a las clases de bosque y vegetación secundaria. A su vez, la vegetación secundaria experimentó una transformación hacia bosque de pino, bosque y, en menor medida, hacia suelo, con una pérdida de aproximadamente 1.2 hectáreas. Los cambios más significativos se registraron en el ecosistema de bosque de pino.

En conclusión, el estudio multitemporal del uso de suelo y vegetación en Viveros Montebelo revela cambios principalmente en el ecosistema de bosque de pino y vegetación secundaria. Aunque se observan pérdidas, estas son de bajo impacto, dado que la mayoría de los cambios implican una transición entre el bosque de pino a bosque y viceversa. La técnica de Martín Döllner permitió identificar que solo una pequeña porción del área, alrededor de 1.2 hectáreas, fue transformada a suelo. Estos resultados sugieren que el ecosistema está experimentando una dinámica natural de sucesión ecológica, con cambios que no comprometen significativamente la cobertura forestal, pero es importante continuar monitoreando para evitar futuros impactos negativos. Así como implementar acciones que puedan aumentar la cobertura forestal que a su vez mejoren la biodiversidad, la calidad del suelo y la resiliencia del ecosistema frente al cambio climático.

3.7.2 Estratificación (Proyectos en el sector AFOLU)

La estratificación se llevó a cabo con la clasificación de categorías diamétricas, es decir, dos categorías de árboles, la primera se identifica por tener diámetros en un rango mayor de 5 cm pero menor de 30 cm, mientras que la segunda categoría considera a todos los árboles mayores a los 30 cm, en ambos casos, el diámetro normal es tomado a 1.30 m de altura (anteriormente conocido como diámetro a la altura del pecho o DAP).

Es importante esta clasificación porque es factible diferenciar el crecimiento de árboles jóvenes, maduros y longevos, este factor permite determinar si el árbol crece más rápido que otros, además de la clasificación entre coníferas y latifoliadas.

El levantamiento de datos en campo se realizó por medio de parcelas chicas y grandes, las cuales están determinadas por los dos rangos mencionados anteriormente, la parcela chica definida por un sitio circular con 5.64 m de radio es atribuible por el rango de 5 cm pero menor de 30 cm de diámetro, y para la grande definida por un radio de 11.28 m considera los árboles mayores de 30 cm. Estas parcelas se distribuyen estocásticamente dentro del polígono del Área de Actividad por medio de SIG, el procedimiento se encuentra en el Anexo8_ Diseño de Muestreo; posteriormente, el inventario se ejecuta tomando datos importantes del arbolado, como la especie, el diámetro, la altura, el vigor, entre otras observaciones que el técnico de campo considere relevante.

Entre los datos relevantes, están las condiciones del sitio, es decir, la pendiente, altitud, exposición, si el sitio ha sufrido alteraciones naturales o antropogénicas, también si hay puntos de referencia como caminos, brechas, veredas, barrancos, etc., que ayuden a ubicar el sitio para alguna visita de verificación.

Estos estratos prevén la heterogeneidad en el área del proyecto, debido a que existe una diversidad de especies, así como la muestra de que el bosque es incoetáneo, factores importantes a considerar para las proyecciones. El uso de estos parámetros ayuda a precisar el modelo de crecimiento y, en su caso, decrecimiento.

Para optimizar la precisión en las reducciones/eliminaciones de GEI, además de lo señalado anteriormente, fue necesario realizar revisión de literatura, con la finalidad de realizar estimaciones de biomasa y carbono con ecuaciones alométricas con fuentes confiables, así como para diseñar un modelo de crecimiento y decrecimiento y, con ayuda de éste, evaluar la tendencia del escenario de la línea base al escenario del proyecto a mediano y largo plazo.

Algunas ecuaciones alométricas son específicas y otras son generales para ciertas especies, latifoliadas como coníferas, en el caso de la cuantificación de biomasa aérea. Mientras que, para la cuantificación de la biomasa subterránea, se utilizó

una ecuación alométrica para latifoliadas y otra para coníferas, ya que no es muy amplia la investigación realizada en México para cuantificar y estimar biomasa subterránea para diversas especies.

Otro parámetro utilizado fueron las tasas de crecimiento por especie, ya que cada una contempla un crecimiento anual diferente, afectado por diversos factores y alteraciones de condiciones ambientales, esta tasa puede variar, sin embargo, es una variable que reduce el sesgo en la proyección de almacenamiento de carbono. Esta tasa se calculó con información tomada en campo, y se realizó una investigación de los crecimientos del arbolado de la región.

3.7.3 Reducción/eliminación de emisiones de GEI en el escenario de referencia

A partir de la revisión de literatura, para el cálculo de biomasa aérea, se encontraron ecuaciones alométricas específicas y generales, tanto para coníferas como latifoliadas, las cuales se muestran a continuación.

En el caso de coníferas, las ecuaciones fueron específicas para:

→ *Abies religiosa*

$$y_a = 0.0713 \times DN^{2.5104}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: Avendaño-Hernández *et al.* (2009)

→ *Cupressus lusitanica*

$$y_a = 0.5266 \times DN^{1.7712}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: Bolaños *et al.* (2017)

→ ***Pinus ayacahuite***

$$y_a = e^{-3.066} \times DN^{2.646}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: Bautista *et al.* (2022)

→ ***Pinus devoniana***

$$y_a = 0.041 \times DN^{2.854}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: Méndez-González *et al.* (2011)

→ ***Pinus pseudostrobus***

$$y_a = 0.35179 \times DN^2$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: Bautista *et al.* (2022)

→ *Pseudotsuga menziesii*

$$y_a = 0.056 \times DN^{2.4237}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: Flores-Hernández *et al.* (2021)

En el caso de las latifoliadas, las ecuaciones específicas fueron para:

→ *Alnus acuminata*

$$y_a = 0.0012 \times DN^{1.7877}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: Díaz-Ríos *et al.* (2016)

→ *Alnus jorullensis*

$$y_a = 0.0195 \times DN^{2.7519}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: Carrillo *et al.* (2014)

→ *Arbutus tessellata*

$$y_a = 0.0509 \times DN^{2.5}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: López-López *et al.* (2018)

→ *Fraxinus uhdei*

$$y_a = 0.0509 \times DN^{2.5}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: Martínez-Díaz *et al.* (2015)

→ *Arbutus xalapensis*

$$y_a = 0.0509 \times DN^{2.5}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: Martínez-Díaz *et al.* (2015)

→ *Clethra mexicana*

$$y_a = 0.4632 \times DN^{1.8168}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: Acosta *et al.* (2011)

→ ***Oreopanax xalapensis***

$$y_a = 0.1084 \times DN^{2.5156}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: Cortés-Pérez *et al.* (2021)

→ ***Quercus crassifolia***

$$y_a = e^{\{-2.8664 + 0.9276 \times \ln(DN^2 \times H)\}}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

H = Altura

Fuente: Ruíz-Aquino *et al.* (2014)

→ ***Quercus castanea***

$$y_a = 0.074153 \times DN^{2.423372} \times H^{0.174426}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

H = Altura

Fuente: Cortés-Sánchez *et al.* (2019)

→ ***Quercus glabrescens***

$$y_a = 0.074153 \times DN^{2.423372} \times H^{0.174426}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

H = Altura

Fuente: Cortés-Sánchez *et al.* (2019)

→ ***Quercus laurina***

$$y_a = e^{\{-4.3375 + 1.0760 \times \ln(DN^2 \times H)\}}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

H = Altura

Fuente: Ruíz-Aquino *et al.* (2014)

→ ***Quercus laeta***

$$y_a = 0.074153 \times DN^{2.423372} \times H^{0.174426}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

H = Altura

Fuente: Cortés-Sánchez *et al.* (2019)

→ ***Quercus rugosa***

$$y_a = 0.0706 \times DN^{2.4077} \times DN^{3.0799}$$

Donde:

y_a = Biomasa aérea

DN = Diámetro normal

Fuente: Silvia & Návar (2010)

Mientras que la siguiente ecuación alométrica se utilizó para la lista de especies mostrada a continuación, debido a que no hay registro de alguna investigación que enfatice la importancia de alguna latifoliada en particular:

- ***Buddleja cordata***
- ***Prunus persica***
- ***Cornus disciflora***
- ***Cornus excelsa***
- ***Crataegus mexicana***
- ***Ilex toluhana***
- ***Ageratina mairiana***
- ***Liquidambar styraciflua***
- ***Populus simaroa***
- ***Prunus brachybotrya***
- ***Prunus serotina***
- ***Rhamnus serrata***
- ***Salix bonplandiana***
- ***Salix paradoxa***

- *Garrya laurifolia*
- *Ternstroemia sylvatica*
- *Ternstroemia tepezapote*

$$y_a = 0.0673 \times \{\rho \times DN^2 \times H\} \times 0.976$$

Donde:

y = Biomasa aérea

ρ = Densidad de la madera (g/cm³)

DN = Diámetro normal

H = Altura

Fuente: Chave *et al.* (2014) & Zanne *et al.* (2009)

Las tasas de crecimiento anual se obtuvieron de dos fuentes, la primera fuente a través del levantamiento de datos en campo, específicamente, las coníferas que se determinó el incremento anual con muestras (virutas), la segunda alternativa fue por medio de literatura, considerando la región para disminuir el sesgo con registros en zonas lejanas a Valle de Bravo o sus cercanías.

Por otra parte, el cálculo de la biomasa subterránea se realizó con dos ecuaciones alométricas, debido a la escasa investigación realizada para México en este subtema, sólo fue posible adaptar una ecuación para especies latifoliadas y otra para coníferas, contemplando el rango geográfico y las condiciones ambientales análogas al área de actividad del proyecto. El listado de especies latifoliadas y la ecuación alométrica utilizada para este caso se muestran a continuación.

- *Alnus acuminata*
- *Alnus jorullensis*
- *Arbutus tessellata*
- *Arbutus xalapensis*
- *Ageratina mairretiana*
- *Buddleja cordata*
- *Prunus pérsica*

- *Cornus disciflora*
- *Cornus excelsa*
- *Crataegus mexicana*
- *Fraxinus uhdei*
- *Ilex toluhana*
- *Liquidambar styraciflua*
- *Clethra mexicana*
- *Oreopanax xalapensis*
- *Populus simaroa*
- *Prunus brachybotrya*
- *Prunus serótina*
- *Quercus crassifolia*
- *Quercus castanea*
- *Quercus glabrescens*
- *Quercus laurina*
- *Quercus rugosa*
- *Rhamnus serrata*
- *Salix bonplandiana*
- *Salix paradoxa*
- *Garrya laurifolia*
- *Ternstroemia sylvatica*
- *Ternstroemia tepezapote*

$$y_s = e^{\{-1.0850 + 0.9256 \times \ln \ln ABD\}}$$

Donde:

y_s = Biomasa subterránea

ABD = Biomasa aérea

Fuente: Mokany *et al.* (2006)

En el caso de las coníferas, el listado de especies y la ecuación alométrica utilizada, se muestran a continuación.

- *Abies religiosa*

- *Cupressus lusitánica*
- *Pinus ayacahuite*
- *Pinus devoniana*
- *Pinus pseudostrobus*
- *Pseudotsuga menziesii*

$$y_s = \beta_0 \times DN^{\beta_1} \times H^{\beta_2}$$

Donde:

y_s = Biomasa subterránea

$\beta_0; \beta_1 \wedge \beta_2$ = Son parámetros de estimación estadísticos

Fuente: Medrano-Meraz *et al.* (2021)

Con la biomasa aérea y subterránea ($y = y_a + y_b$) se calculó la biomasa total de cada individuo, posteriormente, para obtener el CO_2 se multiplicó la biomasa total por la fracción de carbono en la biomasa seca, el cual es un valor por defecto de 0.47 porque se revisaron diversas investigaciones para conocer las ecuaciones alométricas para biomasa y carbono, en diversos casos, este factor se encontró en un rango de 0.45-0.50, por tal motivo se utilizó este factor. La siguiente variable calculada fue CO_2e resultado de la multiplicación de CO_2 por el factor de conversión de carbono que es 3.67 (relación entre la masa molecular de CO_2 y C: 44/12), es decir:

$$CO_2e = CO_2 \times \left[\frac{44}{12} = 3.67 \right]$$

Con el propósito de otorgar un grado de confiabilidad y precisión a los cálculos realizados y dar certeza de que las estimaciones obtenidas pueden considerarse relevantes, se realizó un análisis de incertidumbre con las siguientes variables:

- **Media**

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Donde:

\bar{x} = Media del conjunto de datos

x_i = Valor individual de biomasa, carbono u otra variable

n = Número total de observaciones

- **Desviación estándar**

La desviación estándar mide la dispersión de los datos respecto a la media.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde:

σ = Desviación estándar muestral

\bar{x} = Media del conjunto de datos

x_i = Valor individual de biomasa, carbono u otra variable

n = Número total de observaciones

- **Coficiente de variación**

Se expresa en porcentaje y mide la relación entre la desviación estándar y la media.

$$CV\% = \left(\frac{\sigma}{\bar{x}}\right) \times 100$$

Donde:

CV% = Coficiente de variación (%)

σ = Desviación estándar muestral

\bar{x} = Media del conjunto de datos

- **Error estándar de la media (SEM)**

Se usa para estimar la precisión de la media calculada.

$$SEM = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

- **Intervalo de confianza al 95%**

$$IC_{95\%} = 1.96 \times SEM$$

Donde:

1.96 = Valor de la distribución normal para un nivel de confianza del 95%.

De acuerdo con las estimaciones realizadas para biomasa y carbono, se obtuvieron los siguientes datos de la información analizada, cabe señalar que se clasificaron en parcelas chicas y grandes para disminuir el sesgo por la variación entre árboles.

Cuadro 7. Análisis de incertidumbre para dos años, iniciando en 2024 y proyectando al año n.

ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE	Biomasa Subtotal 2024	Biomasa Subtotal Año n	CO2e 2024	CO2e Año n
Árboles chicos				
Promedio	0.07426091	0.05091092	0.1279763	0.08773649
Desviación estándar	0.0988849	0.07920504	0.17041164	0.13649669
Coefficiente de variación	133.158754	155.575732	133.158754	155.575732
Error estándar de la media	0.0015115	0.00121068	0.00260482	0.00208641
Intervalo de confianza (IC 95%)	0.00296254	0.00237294	0.00510544	0.00408937
Árboles grandes				
Promedio	0.63234107	0.56078293	1.08973445	0.96641592
Desviación estándar	1.49513388	1.39135177	2.57661406	2.39776288
Coefficiente de variación	236.444214	248.108795	236.444214	248.108795
Error estándar de la media	0.02285379	0.02126743	0.0393847	0.03665088
Intervalo de confianza (IC 95%)	0.04479342	0.04168417	0.077194	0.07183572

Como se muestra en el cuadro anterior, se realizó un análisis de incertidumbre para dos años, la información del 2024 es el año en que se realizó el

levantamiento de datos en campo, mientras que el Año n puede ser cualquier año proyectado tomando en cuenta los datos de campo, es así como se muestra una diferencia mínima entre ambos, esto indica representatividad de los datos proyectados, porque están basados en datos reales.

De estos resultados, se concluye que el análisis de incertidumbre muestra coeficientes de variación elevados (133-251%), estos valores demuestran la heterogeneidad estructural del arbolado. La variabilidad en biomasa y carbono almacenado es producto de la diversidad de especies, estructura de edad, tasas de crecimiento y formas de copa entre latifoliadas y coníferas, así como las diferencias individuales dentro de cada estrato. Por lo tanto, la precisión de las estimaciones se optimiza mediante la estratificación en parcelas chicas y grandes, con la finalidad de reducir el sesgo en los cálculos de biomasa y carbono almacenado.

Sin embargo, cada ecuación alométrica utilizada, tiene una fuente confiable de diversos estudios realizados con análisis estadísticos en función de ciertas variables a considerar, por lo que se utilizaron ecuaciones con R^2_{adj} superiores a 0.95, a excepción de ecuaciones que contaron con 0.88 como resultado de regresiones no lineales.

3.7.4 Reducción/eliminación de emisiones de GEI en el escenario del proyecto

Las estimaciones proyectadas fueron calculadas gracias a un modelo matemático, el cual se basa en la evidencia reportada por estudios de ecología forestal y en metodologías de estimación de biomasa, donde se ha demostrado que la tasa de crecimiento de los árboles inventariados no es constante a través del tiempo. Según la literatura, los árboles jóvenes tienden a crecer proporcionalmente más rápido que los árboles maduros, debido a factores fisiológicos y ambientales.

Modelos clásicos como los de Chapman-Richards y Gompertz han sido utilizados para describir estas dinámicas, lo que respalda la necesidad de ajustar la tasa de crecimiento en función del tamaño o edad del árbol.

Con la información recabada en el inventario, mediciones como el diámetro, altura, longitud de copa, vigor, entre otras, las tasas de crecimiento anuales (tanto para coníferas como latifoliadas), fueron datos esenciales para identificar la

relación entre el tamaño inicial del árbol y su tasa de crecimiento, esto permitió diferenciar a los árboles con menores diámetros ($5 \text{ cm} \leq \text{DN} < 30 \text{ cm}$) los cuales tienen un comportamiento de crecimiento diferente al de los árboles más grandes ($\text{DN} \geq 30 \text{ cm}$).

Al igual que los cálculos anteriores para la estimación de biomasa y carbono, la herramienta principal utilizada para desarrollar y calibrar el modelo fue Excel, con su complemento Solver.

A través de una Regresión No Lineal, se formuló una función de error (v.g., la suma de los errores al cuadrado entre los valores proyectados y los datos históricos) a través de Solver para minimizar dicho error. Esto permitió ajustar de forma empírica los parámetros clave del modelo, tales como la tasa de crecimiento base ζ y el parámetro de calibración gamma (γ), que modula la influencia del tamaño inicial en la tasa efectiva.

Durante el proceso iterativo, se probaron diferentes formulaciones (v.g., modelos exponenciales y lineales) y se evaluó la reversibilidad del modelo (capacidad de re proyectar y proyectar) para asegurar que las estimaciones de crecimiento y decrecimiento resultan coherentes con la dinámica observada en campo.

Para desarrollar el modelo se diseñó con el propósito de ser reversible y sea capaz de reflejar que los árboles jóvenes (con diámetros mayores o iguales a 5 cm pero menores a 30 cm) crecen a una tasa efectiva mayor en términos relativos, mientras que los árboles grandes (con diámetros mayores o iguales a 30 cm) presentan un crecimiento más moderado.

De acuerdo con lo anterior, la ecuación final propuesta fue estructurada de forma que el incremento (o decremento) anual se ajuste en función de la razón entre un valor de referencia (30 cm, que distingue árboles chicos de grandes) y el diámetro medido en 2024. Por lo que la siguiente ecuación fue estructurada para el modelo de crecimiento y decrecimiento:

$$Y(t) = Y(0) + r \cdot \left[1 + \gamma \left(\frac{Y_{ref}}{Y(0)} - 1 \right) \right] \cdot t$$

Donde:

- Y_t = Es la variable dependiente a proyectar o re proyectar
- Y_o = Es la variable independiente, es decir, la medición tomada en el 2024
- r = Es la tasa de crecimiento anual base de la especie, obtenida de datos o literatura
- Y_{ref} = Es el valor de referencia para determinar árboles chicos (jóvenes) o grandes (maduros), v.g. para el diámetro se consideró 30 cm
- γ = Es un parámetro de calibración que se estimó (usando Solver en Excel) para ajustar la sensibilidad de la tasa efectiva al tamaño inicial
- t = Es el intervalo de tiempo (positivo para proyecciones futuras y negativo para retroceder en el tiempo)

El modelo se validó realizando comparaciones con proyecciones de datos históricos, datos empíricos y series de crecimiento local. Esto permitió observar que, al calibrar adecuadamente los parámetros, el modelo es capaz de reproducir de forma razonable las diferencias en crecimiento entre árboles jóvenes y maduros.

Por medio de una regresión no lineal, (a través del Solver en Excel) es posible minimizar la discrepancia entre las predicciones del modelo y las mediciones reales, lo que respalda la robustez del método de ajuste. A pesar de que el modelo fue desarrollado internamente, su estructura y calibración, está basado en metodologías ampliamente reconocidas en la literatura y en datos empíricos específicos de un bosque con condiciones ambientales análogas al del proyecto, lo que confiere validez para la cuantificación de biomasa y créditos de carbono en el tiempo.

En resumen, el modelo fue desarrollado mediante la integración de literatura científica, datos empíricos del inventario de Valle de Bravo y métodos de regresión no lineal implementadas en Excel (con el complemento Solver). La justificación del uso radica en la necesidad de ajustar la tasa de crecimiento en función del tamaño inicial de los árboles, reflejando que los árboles crecen proporcionalmente más rápido en estado juvenil que los árboles en etapas de madurez. La metodología empleada, aunada a su calibración y validación, respalda la incorporación de la información incorporada a la cuantificación solicitada en este documento, aunque los autores sean internos y se base en un proceso de análisis y ajuste.

En el siguiente Cuadro 8 se muestran las Reducciones/absorciones de emisiones de GEI en el escenario de referencia, el cual es el proyecto CAR1451 y se encuentra en el Ejido San Juan en Valle de Bravo con una superficie de 811.81 ha. Por otra parte, las estimaciones del proyecto se realizaron con base a la cuantificación realizada en Excel. Para el caso de las Emisiones de GEI atribuibles a fugas, se asignó un factor de 0.27.

Cuadro 8. Cálculos ex ante, se presentan las reducciones/absorciones estimadas de las emisiones de GEI a lo largo de todo el período de cuantificación del proyecto propuesto. Indicando el total estimado de reducciones/absorciones de emisiones durante el período de cuantificación del proyecto y el promedio anual estimado.

Año	Reducciones/absorciones de emisiones de GEI en el escenario de referencia (tCO _{2e})	Reducciones/absorciones de emisiones de GEI en el escenario del proyecto (tCO _{2e})	Emisiones de GEI atribuibles a fugas (tCO _{2e})	Reducción/absorción neta estimada de GEI (tCO _{2e})
Año 0	342,465.94	106,465.44	28,745.67	77,719.77
Año 1	353,053.00	110,674.22	29,882.04	80,792.18
Año 2	363,895.78	115,167.97	31,095.35	84,072.62
Año 3	375,026.97	119,962.25	32,389.81	87,572.44
Año 4	386,452.19	125,076.78	33,770.73	91,306.05
Año 5	398,207.91	130,531.17	35,243.42	95,287.78
Total	2,219,101.79	707,877.83	191,121.01	516,750.82

4 Cumplimiento de Leyes, Estatutos y Otros Marcos Regulatorios

El proyecto a la fecha no tiene ningún tipo de limitaciones legales para su desarrollo, por lo que se asegura que este proyecto generará remociones de GEI por encima de las que se logran con el solo cumplimiento de las leyes mexicanas. El proyecto también se encuentra en cumplimiento de las leyes que regulan el manejo sustentable de los bosques:

LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE (LGDFS), publicada el 25 de febrero de 2003, y su última reforma el 26 de abril de 2021.

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE, publicado el 21 de febrero de 2005 y su última reforma el 09 de diciembre de 2020.

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA) Publicada el 28 de enero de 1988 y su última reforma el 18 de enero de 2021.

LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE (LGVS), Publicada el 3 de julio de 2000 y su última reforma el 20 de mayo de 2021.

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE (LGVS) Publicada el 30 de noviembre de 2006 y su última reforma el 9 de mayo de 2014.

LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, publicada el 6 de junio de 2012 y su última reforma el 06 de noviembre de 2020.

Así como en cumplimiento de las siguientes Normas Mexicanas:

NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental, Especies nativas de México de flora y fauna silvestres, Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, Lista de especies en riesgo.

NOM-060-SEMARNAT-1994. Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.

NOM-061-SEMARNAT-1994. Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal.

NOM-152-SEMARNAT-2006. Establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas.

5 Propiedad y derechos del carbono

5.1 Titular del proyecto

Individuo u organización: Viveros Montebelo S. R. L. de C. V.

Persona de contacto: Mónica González Salazar

Puesto de trabajo:

Dirección: Valle de Bravo, Estado de México

Número de teléfono: +52 55 41942034

Correo electrónico: mgonzalezs@pavisa.com.mx

5.2 Otros participantes del proyecto

Individuo u organización: Bioforestal Innovación Sustentable S. C.

Persona de contacto: Jesús Morales Bautista

Puesto de trabajo: Director General

Dirección: Texcoco, Estado de México

Número de teléfono: +52 5516607532

Correo electrónico: contacto@bioforestal.com.mx

5.3 Acuerdos relacionados con los derechos de carbono

El proyecto “Carbono Forestal Viveros Montebelo”, se desarrolla en un predio de propiedad privada, cuyo representante legal es Francisco Emmanuel Matias Ramírez, ha decidido voluntariamente su implementación. En este sentido, no existen comunidades, ejidos o grupos externos que pudieran verse afectados directa o indirectamente por el proyecto, por lo que el proceso de consulta se ha llevado a cabo a nivel individual entre el representante legal y la empresa desarrolladora, Bioforestal Innovación Sustentable S.C.

Para garantizar una decisión informada, el propietario recibió asesoría técnica sobre los alcances y compromisos del proyecto, formalizando su participación

mediante el Contrato de Prestación de Servicios de Consultoría para el Desarrollo del Proyecto de Carbono Forestal, firmado el 26 de enero de 2024. Este contrato establece los términos de colaboración, las responsabilidades del desarrollador y del representante, así como los mecanismos de seguimiento del proyecto.

Adicionalmente, se han identificado y abordado los posibles impactos ambientales y sociales mediante la aplicación del Protocolo, asegurando:

- La conservación y restauración del ecosistema forestal del predio.
- La implementación de prácticas de manejo sustentable.
- El monitoreo y verificación de las actividades realizadas en el proyecto.
- Periodo de cuantificación de absorciones/reducciones de emisiones de GEI.

Como parte del proceso de transparencia y comunicación, Francisco Emmanuel Matias Ramírez ha designado un coordinador del proyecto, Mónica González Salazar, quien actúa como enlace con la empresa desarrolladora y con terceros interesados en el seguimiento de las actividades. Además, el proyecto está sujeto a verificación por parte de una entidad acreditada, lo que permite validar su conformidad con los requisitos establecidos.

Dado que se trata de un proyecto en un predio privado sin impacto en comunidades aledañas, la consulta a partes interesadas se ha limitado al Representante del terreno y su relación contractual con la empresa desarrolladora, cumpliendo así con el principio de consentimiento informado y voluntario.

El Representante del predio fue informado y participó activamente en la toma de decisiones, respaldado por el contrato firmado y las salvaguardas ambientales y sociales aplicadas.

5.4 Tenencia de la tierra (Proyectos en el sector AFOLU)

En México, la propiedad privada se define como el derecho que tiene una persona física o moral para usar, gozar y disponer de un bien dentro de los límites y modalidades establecidas por la ley. La propiedad privada debe estar respaldada

por un título de propiedad inscrito en el Registro Público de la Propiedad. Esto garantiza la seguridad jurídica del propietario.

El área de proyecto está conformada por 15 áreas, el tipo de propiedad es privada y se ampara con sus correspondientes títulos de propiedad; estas abarcan una superficie total de 214.38 hectáreas, ubicadas en el municipio de Valle de Bravo, Estado de México. La lista de los títulos de propiedad se enlista en el apartado 3.2.1 de este documento (Anexo 1_Escrituras).

6 Adaptación al cambio climático

El Estándar o norma BCR establece que los proyectos deben demostrar acciones de adaptación al cambio climático derivadas de sus actividades de mitigación de GEI. En el caso del proyecto Carbono Forestal Viveros Montebelo, se puede argumentar lo siguiente:

- No hay obligación legal de realizar el proyecto, lo que significa que las actividades de conservación y reforestación superan las exigencias normativas y, por lo tanto, son adicionales a las prácticas estándar. Esto es clave para la certificación BCR.
- El proyecto contribuye a la resiliencia ecológica del área al mantener la cobertura forestal, lo que ayuda a la regulación del ciclo hídrico, la reducción de la erosión y la protección contra incendios forestales.
- Se mantiene un manejo forestal sustentable, alineado con leyes nacionales, pero además, el proyecto mejora la captura de carbono y fomenta la biodiversidad.
- Los beneficios económicos derivados del proyecto pueden garantizar la continuidad de estas prácticas, evitando la presión sobre el uso del suelo y asegurando la permanencia de la conservación.

El proyecto cumple con los criterios de adaptación establecidos en la Norma BCR, al contribuir a la resiliencia ecológica mediante la conservación forestal, la regulación del agua y la protección del suelo Cuadro 9. Además, se alinea con políticas nacionales de cambio climático y promueve estrategias de adaptación a largo plazo.

Cuadro 9. Algunos criterios e indicadores aplicables al proyecto con base en la norma BCR.

Criterio de adaptación	Acción en Viveros de Montebelo	Emisiones de GEI atribuibles a fugas (tCO ₂ e)
Mejora de la conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos	Conservación del bosque y prevención de incendios forestales	Evidencia de monitoreo de vegetación y biodiversidad
Gestión de incendios forestales como estrategia de adaptación	Atención y control de incendios en el área	Registro de incendios atendidos y superficie protegida
Fortalecimiento de capacidades locales	Capacitación en manejo forestal sustentable	Listado de participantes en capacitaciones e implementaciones técnicas
Manejo sostenible del agua	Conservación de cuerpos de agua dentro del predio	Monitoreo de fuentes hídricas y calidad del agua
Reducciones y/o absorciones de emisiones de GEI	Reforestación	Cantidad de área reforestada

7 Gestión de riesgos

El proyecto “Carbono Forestal Viveros Montebelo” ha llevado a cabo una evaluación integral de los riesgos asociados a la implementación de actividades para garantizar la permanencia de las reducciones y absorciones de emisiones GEI durante el periodo de cuantificación del proyecto.

a) Riesgos naturales y antropogénicos y medidas de mitigación

Los principales riesgos ambientales identificados incluyen:

- **Incendios forestales:** El proyecto implementa monitoreo continuo y brigadas de prevención de incendios.

- **Sequías prolongadas:** Se han establecido prácticas de reforestación con especies resistentes al estrés hídrico.
- **Plagas y enfermedades forestales:** Se realizan inspecciones periódicas y se aplican estrategias de control biológico.
- **Degradación del suelo:** Se implementan técnicas de conservación de suelos y reforestación para evitar la erosión.

Medidas de mitigación:

- Capacitación en prevención de incendios.
- Uso de especies forestales nativas adaptadas a las condiciones climáticas del área.
- Aplicación de controles fitosanitarios.
- Implementación de terrazas y barreras vegetales contra la erosión.

b) Riesgos financieros y estrategias de mitigación

Los riesgos financieros potenciales incluyen:

- Dependencia de ingresos del mercado de carbono: Se busca diversificación financiera mediante una estrategia financiera del comprador.
- Aumento en costos operativos por eventos climáticos extremos: Se han previsto fondos de contingencia dentro del presupuesto del proyecto.
- Volatilidad en la demanda de créditos de carbono: Se desarrollan estrategias de ahorro.

Medidas de mitigación:

- Diversificación de fuentes de ingresos (mayores ingresos del comprador debido al prestigio que adquirirá la empresa por su compromiso ambiental).
- Implementación de fondos de reserva para contingencias.
- Creación de acuerdos con compradores de largo plazo para los créditos de carbono.

c) Riesgos sociales y participación de comunidades locales

Los principales riesgos sociales incluyen:

- Conflictos de interés con comunidades locales: Se han realizado consultas previas con los actores involucrados.
- Poca aceptación de las medidas de conservación por parte de los habitantes: Se promueve la educación ambiental y programas de participación comunitaria.
- Posible presión sobre el uso del suelo: Se fomenta el desarrollo de actividades económicas sustentables que no afecten la conservación. Medidas de mitigación:
 - Realización de consultas y acuerdos con comunidades locales.
 - Desarrollo de proyectos productivos alternativos (ecoturismo, apicultura sustentable).
 - Participación activa de actores locales en la gestión del proyecto.

7.1 Riesgo de reversión

Acuerdos legales y contractuales: El proyecto se encuentra respaldado por acuerdos que garantizan su continuidad a largo plazo.

Fondo de reserva para contingencias Se ha establecido un porcentaje de los ingresos del proyecto para atender eventos que puedan afectar la permanencia de las actividades.

Compromiso de conservación a largo plazo: Se mantiene un plan de manejo forestal sustentable con acciones de monitoreo periódico.

Prevención de riesgos naturales: Se aplican medidas de adaptación climática como reforestación y control de incendios.

7.1.1 Informe de eventos de pérdida

En caso de que ocurra una pérdida o disminución de las reducciones de emisiones verificadas, el Proyecto Viveros de Montebelo se compromete a presentar un reporte de pérdidas en un plazo no mayor a un año después del evento.

Procedimiento para reporte de pérdidas:

- Detección y evaluación de la pérdida: Se monitoreará el área afectada para determinar el impacto sobre las reservas de carbono.

- Estimación conservadora de la pérdida de carbono: Se calculará la cantidad de emisiones liberadas debido al evento con base en metodologías aprobadas.
- Medidas correctivas: Se implementarán acciones de restauración para recuperar el carbono perdido.
- Notificación a BCR: Se enviará un informe detallado con la información de la pérdida y las medidas adoptadas.
- Seguimiento y verificación: Se llevará a cabo un monitoreo para evaluar la efectividad de las acciones de restauración.

8 Salvaguardias para el desarrollo sostenible (SDS)

A. Salvaguardas Ambientales

Aspecto	Acciones del proyecto
Uso del suelo: Eficiencia en el manejo de los recursos	Este proyecto prevé acciones que mejoren las capacidades del suelo, aumentando materia orgánica, además de la infiltración y retención de los sedimentos.
Agua: Contaminación de cuerpos de agua	Mediante obras de conservación estas acciones mejorarán la calidad de los cuerpos de agua con aumento del manto freático y por lo tanto aumento del recurso o en su defecto conservación del mismo.
Biodiversidad: Pérdida de especies, introducción de especies invasoras	El proyecto protege la biodiversidad, así como respeta su hábitat y será partícipe de generar educación ambiental que atraiga actores en pro de la conservación del ecosistema.
Cambio Climático: Emisiones de GEI, reducción de sumideros de carbono	Con el mantenimiento del bosque se prevé aumentar los acervos de carbono para reducir la concentración de CO ₂ del ambiente, preservando el bosque y

Aspecto

Acciones del proyecto

promoviendo su aumento con el mejoramiento del mismo.

B. Salvaguardas Sociales

Aspecto

Acciones del proyecto

Condiciones laborales: Salarios justos, seguridad, derechos laborales

Mediante capacitaciones se obtendrá un equipo capaz de ejecutar las labores forestales de mantenimiento, monitoreo y preservación, con las medidas apropiadas de seguridad, además de ser remunerado su esfuerzo por un salario justo.

Igualdad de género y derechos de pueblos indígenas

Los trabajos generados por el proyecto serán aplicable a toda la población, se puede aplicar tanto a jóvenes que puedan manejar de manera exitosa algunos instrumentos, como a madres de familia que deseen apoyar en las acciones de conservación, la creación de una brigada contra incendios será apta para quien pueda desarrollar las acciones de manera exitosa.

Salud y seguridad de la comunidad

La comunidad será beneficiada con los ingresos del proyecto, los cuales se podrán usar a favor del mejoramiento de los servicios.

Desplazamiento involuntario o afectación a tierras comunitarias

La tierra es de uso privado, no se pretende abordar áreas fuera de la misma y se busca la conservación del ecosistema.

C. Salvaguardas de Gobernanza y Cumplimiento

Aspecto	Acciones del proyecto
Cumplimiento de normativas ambientales y sociales	El proyecto no tiene ningún tipo de limitaciones legales para su desarrollo, por lo que se asegura que este proyecto generará remociones de GEI por encima de las que se logran con el solo cumplimiento de las leyes mexicanas
Transparencia y rendición de cuentas	El dueño pretende manejar sus finanzas de la mejor manera para apoyar todas las acciones requeridas en favor del aumento de los acervos de carbono.
Prevención de corrupción y malas prácticas	El dueño seguirá la buena praxis que el proyecto demande y no pretende infringir ninguna metodología.

9 Participación y consulta de las partes interesadas

El proyecto se desarrolla sobre un predio particular, con un único propietario que ha decidido voluntariamente participar en el esquema de captura de carbono. No involucra comunidades, tierras ejidales ni bienes comunales, lo que reduce la necesidad de una consulta pública extensa.

El contrato firmado entre el propietario del predio y Bioforestal Innovación constituye la prueba documental de que el titular del terreno ha decidido implementar el proyecto bajo su propia voluntad. Esto puede presentarse como evidencia de un proceso de decisión informado por parte del único afectado directo (Anexo 9_Contrato Desarrollador).

El contrato menciona:

- Cumplimiento de salvaguardas ambientales.
- Mantenimiento de la cobertura forestal y uso de especies nativas.
- Supervisión de actividades y monitoreo de impactos.

Existe un canal de comunicación a través de:

- El coordinador del proyecto designado en el contrato.
- Contacto con Bioforestal para resolver dudas o inquietudes.
- El proceso de verificación del proyecto que permite la revisión de terceros acreditados.

10 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Descripción Breve del Proyecto: El proyecto a la fecha no tiene ningún tipo de limitaciones legales para su desarrollo, por lo que se asegura que este proyecto generará remociones de GEI por encima de las que se logran con el solo cumplimiento de las leyes mexicanas. El proyecto también se encuentra en cumplimiento de las leyes que regulan el manejo sustentable de los bosques, así como en cumplimiento de las Normas Mexicanas. En cumplimiento con la adicionalidad del proyecto y de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se enlistan los siguiente:

ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento): Contribuye a mejorar la calidad del agua mediante la conservación de cuencas y la reducción de la erosión. Con actividades como las obras de conservación aumentan la infiltración de agua y mejoramiento del estado del ecosistema, con actividades como: trazado de curvas de nivel y la implementación de zanjas, acomodo de material vegetal muerto.

ODS 8 (Trabajo Decente y Crecimiento Económico): Genera empleos ambientalmente responsables para las comunidades locales, fomentando la inclusión social y económica.

El enfoque forestal del área define actividades como las capacitaciones para tener actores locales que pueden realizar las actividades necesarias en el mantenimiento y conservación del área, lo que genera un equipo capaz de lidiar con actividades como los incendios forestales, a su vez la prevención de estos con el mantenimiento de brechas cortafuego, así como la supervisión y monitoreo de las reforestaciones. Además, que en ciertas épocas es requerido de más apoyo en la elaboración de acciones de obras de conservación.

ODS 13 (Acción por el Clima): Ayuda a reducir el CO₂ atmosférico mediante el secuestro de carbono por los árboles y suelos restaurados.

Las actividades como la reforestación, las obras de conservación y el monitoreo del estado fitosanitario reducen el CO₂ atmosférico al aumentar los acervos de carbono y mantener el equilibrio del ecosistema.

ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres): Promueve la restauración de los ecosistemas y la biodiversidad, así como desacelera la degradación de los suelos.

Ante acciones de conservación acrecentar el dosel y, por lo tanto, la calidad de vida de las especies del área, cuidando la biodiversidad y generando conocimiento que concientice a los pobladores ante el valor de los recursos. Aunado a ello, se puede mencionar la implementación de la educación ambiental con señalética enfocada a la biodiversidad y la seguridad, que eduque a los visitantes y fomente el conocimiento. Mantener un sistema de señalización ambiental con el fin de informar y concienciar a los visitantes sobre la importancia de la conservación y el respeto por los ecosistemas locales. Este enfoque busca complementar las actividades de reforestación mediante mensajes visuales que promuevan la sostenibilidad y el compromiso ambiental (Anexo_BCR_Herramienta-ODS y Anexo A_ Cuestionarios SDS).

11 Salvaguardas de REDD+ (para proyectos de REDD+)

N/A

12 Categorías especiales, relacionadas con co-beneficios (opcional)

N/A

13 Proyectos agrupados (si corresponde)

N/A

14 Otros programas de GEI

N/A

15 Evitar el doble conteo

Con la finalidad de garantizar la integridad y transparencia en la contabilidad de las reducciones de GEI, el proyecto “*Carbono Forestal Viveros Montebelo*” implementa medidas estrictas alineadas con la Herramienta BCR (ADC). Estas acciones aseguran que los créditos de carbono generados sean únicos y no puedan ser reclamados en más de un sistema o registro.

Según la Herramienta BCR (ADC), el doble conteo ocurre en los siguientes escenarios: 1) Doble emisión. Se generan más de un crédito por la misma reducción de GEI; 2) Doble uso. Un crédito es transferido o retirado más de una vez; y 3) Doble reclamación. Un crédito es utilizado simultáneamente en diferentes mercados o países.

Para evitar estos riesgos, el proyecto “*Carbono Forestal Viveros Montebelo*” implementa estrictos controles administrativos y tecnológicos que garantizan la exclusividad de los créditos generados aplicando los principios de evitación del doble conteo, por lo que el proyecto cumple con los requisitos establecidos por BCR en los siguientes aspectos.

Una vez registrado el proyecto en la plataforma oficial de BioCarbon, se asegura que los créditos de carbono generados sólo existan dentro de este sistema. Además, se implementará un mecanismo de auditoría para evitar duplicaciones en otros registros o esquemas de mercado de carbono.

Al encontrarse definido e identificado el proyecto, se tendrá un facilitador que permita su rastreo y comercialización.

Para la trazabilidad y monitoreo de créditos de carbono, el proyecto se someterá a auditorías externas para verificar la cantidad y validez de los créditos generados. Esto permite un seguimiento más eficaz el cual garantiza una correcta asignación y venta de los créditos.

Las medidas para evitar la contabilidad múltiple en más de un mercado o sistema de créditos de carbono, se aplican las siguientes estrategias.

Los créditos generados por el proyecto no serán registrados simultáneamente en otros estándares o programas de compensación de carbono. En caso que los

créditos sean utilizados para cumplir con Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs), se garantizará que no sean contabilizados dos veces. Y, la entidad verificadora independiente revisará que las reducciones de carbono no hayan sido previamente certificadas o comercializadas en otros estándares.

El proyecto “*Carbono Forestal Viveros Montebelo*” será validado y verificado bajo la ISO 14064-3:2019, lo que garantiza que la contabilidad y emisión de créditos de carbono cumplen con estándares internacionales. En la auditoría externa, se llevará a cabo una verificación independiente para confirmar la existencia única de los créditos generados. Para que exista una transparencia en la comercialización, cualquier transacción de créditos será registrada en BioCarbon y estará sujeta a revisión para descartar irregularidades.

Por otra parte, BioCarbon realiza un registro en la plataforma de Global CarbonTrace (GCT), esto le permitirá rastrear los créditos en una base de datos global lo que evitará su duplicación. Aunado al uso de tecnologías como Blockchain para garantizar la seguridad y trazabilidad de los créditos.

Existen medidas en caso de identificación de doble contabilidad, por lo que en caso de detectarse una doble emisión, uso o reclamación de créditos, se aplicarían ciertas medidas correctivas, las cuales están contempladas en el presente proyecto. Si un crédito es reclamado dos veces, BioCarbon lo invalidará y lo retirará del sistema. En proyectos AFOLU, el 20% de los créditos se retienen como reserva para compensar cualquier problema de contabilidad. Por otra parte, si un proyecto incurre en doble contabilidad de manera fraudulenta, BioCarbon bloqueará su cuenta y suspenderá su participación.

El proyecto “*Carbono Forestal Viveros Montebelo*” cumple con los estándares de integridad en el mercado de carbono, alineándose con la Herramienta BCR (ADC), el Acuerdo de París (Artículo 6) y las normas internacionales de contabilidad de GEI. Es así cómo se garantiza que cada crédito generado se emita una sola vez, sea rastreable y no reutilizable, no sea reclamable en múltiples sistemas. De esta forma, el proyecto mantendrá la transparencia y credibilidad necesarias para su registro y su comercialización en el mercado.

16 Plan de seguimiento

Con base a los lineamientos establecidos en la metodología BCR0001 Cuantificación de las Remociones de GEI actividades de forestación, reforestación y revegetalización de acuerdo con la sección 17 Plan de monitoreo se define que este debe prever la recopilación de todos los datos relevantes necesarios para:

- (a) Verificar que se han cumplido las condiciones de aplicabilidad enumeradas en el numeral 5 de este documento;
- (b) Verificar los cambios en las reservas de carbono en los depósitos seleccionados;
- (c) Verificar las emisiones del proyecto y las fugas.

Para lo cual el plan debe incluir:

(a) Monitoreo de los límites del proyecto:

- (b) Monitoreo de la ejecución de las actividades por los cultivos (forestales o de palma);
- (c) Monitoreo del manejo de los cultivos y crecimiento en biomasa para los cultivos (forestales y de palma) y;

(d) Monitoreo de la cuantificación de las remociones netas del proyecto.

Dado que este proyecto está orientado a la conservación del ecosistema y la biodiversidad, así como al incremento de los acervos de carbono, el monitoreo se centrará en los límites del proyecto y en la cuantificación de las remociones netas.

16.1 Monitoreo de los límites del proyecto

Los límites geográficos del proyecto están definidos por las fronteras de la propiedad privada, dentro de las cuales se encuentra el área elegible. En la sección 3.2.1 se detallan los vértices del área, como se describe en el "Cuadro 4". Con esta información se ha construido una poligonal en formato shapefile y kmz, que se incluye en los anexos del proyecto.

Utilizando imágenes del sensor Sentinel 2A, se ha realizado el análisis de elegibilidad, detallando cada vector y delimitando claramente el área elegible. Dado que uno de los objetivos es aumentar las reservas de carbono, estos límites serán respetados mediante la implementación de brechas cortafuegos, las cuales son acciones destinadas a proteger el bosque y mantener la estabilidad del ecosistema.

La verificación periódica se implementará mediante la delimitación y elaboración (donde sea necesario) del mantenimiento de las brechas cortafuego. Es esencial tener todo el borde del predio protegido con las brechas, para poder visualizar los linderos mediante imágenes satelitales y llevar a cabo un monitoreo por este medio, siempre y cuando la cobertura forestal lo permita. Esta metodología se aplicará una vez que el borde esté completamente protegido con las brechas. Por el momento, la verificación será realizada por un agente en campo, quien revisará el estado de las brechas y elaborará un reporte mensual sobre esta actividad. En caso de un incidente ambiental, como un incendio, se deberá informar sobre lo sucedido y elaborar un reporte.

La longitud del perímetro total del área es de 12.5 kilómetros, estableciéndose como la meta inicial para las brechas que deben ser delimitadas. Esta longitud podrá ampliarse en las zonas donde sea necesario. Además, se llevará a cabo un mantenimiento constante durante toda la vida del proyecto. Hasta el momento, solo se cuenta con evidencia de los jornales realizados para esta actividad, por lo que en cada reporte mensual se deberá incluir la información relevante para el proyecto. El siguiente cuadro ejemplifica parte de la información que se obtendrá durante el avance de esta actividad.

Brechas Cortafuego					
Fecha			Jornales		
Hora Inicio tramo	Coordenadas X	Coordenadas Y	Hora Fin tramo	Coordenadas X	Coordenadas Y

Lista de Asistencia					
Nombre		Edad	Género	Firma	

Una vez completada la medición total del predio, se procederá a obtener imágenes satelitales para analizar tanto el estado previo como posterior a dicha actividad, con el fin de corroborar los análisis de teledetección que puedan identificar la ejecución de la actividad y proporcionar así otro indicador de las actividades del proyecto.

16.2 Monitoreo de las actividades del proyecto

Como parte de los objetivos del proyecto relacionados con la conservación del ecosistema y su biodiversidad, se han planificado diversas actividades para cumplir con este objetivo. Estas actividades se documentan y se seguirá el cronograma establecido para preservar las salvaguardas ambientales y sociales.

A través de la implementación de una bitácora respaldada por evidencias documentales tanto físicas como digitales, se listan las actividades y los temas que deberán ser cubiertos para formar parte de dichas evidencias y su correspondiente sustento.

Actividad	Evidencias e indicadores
Prevención de incendios	
Mantenimiento de brechas cortafuego	Informe y lista de asistencia Fotografías Avance en kilómetros

Control de malezas o arvenses	Informe y lista de asistencia Fotografías Avance en hectáreas
Sanidad Forestal	
Evaluación del estado fitosanitario	Informe Fotografías En caso de haber daño, vectores del área
Monitoreo de plagas y enfermedades	Informe Fotografías En caso de haber daño, vectores del área
Reforestación	
Supervisión y monitoreo de reforestaciones	Informe y lista de asistencia Fotografías Avance en hectáreas
Preparación del terreno para una reforestación	Informe y lista de asistencia Fotografías Avance en hectáreas
Reforestación (especies nativas y cinco árboles frutales de la región)	Informe y lista de asistencia Fotografías

	Avance en hectáreas
Evaluación de supervivencia de la reforestación e implementación de acciones	Informe y lista de asistencia Fotografías Avance en hectáreas
Beneficios Socioambientales y Capacitaciones	
Evaluación de beneficios socioambientales	Encuesta a los participantes
Campaña de educación ambiental (contemplando el propósito y uso de la señalética)	Informe y lista de asistencia Fotografías Encuesta a los participantes
Capacitación a brigada contra incendio	Informe y lista de asistencia Fotografías Agentes de la brigada
Capacitación sobre obras de conservación	Informe y lista de asistencia Fotografías Encuesta a los participantes
Obras de conservación de suelo y adicionales	
Acomodo de material vegetal muerto	Informe y lista de asistencia Fotografías Avance en hectáreas

Trazado de curvas de nivel y elaboración de zanjas trinchera o bordo	Informe y lista de asistencia Fotografías Avance en hectáreas
Implementación de actividades de conservación adicionales	Informe y lista de asistencia Fotografías Avance en hectáreas
Señalética de biodiversidad y seguridad	
Verificación en campo sobre la Identificación de puntos clave donde se requiera señalética (zonas de biodiversidad relevante, rutas, áreas de riesgo)	Informe Fotografías
Diseño, producción y colocación en campo de la señalética	Informe y lista de asistencia Fotografías Avance en hectáreas
Actualización de la información y mantenimiento de las señaléticas	Informe Fotografías

Cada informe deberá contener datos básicos como:

- Actividad
- Lugar y fecha
- Cantidad de participantes y/o Jornales, lo que conlleva a una lista de asistencia con datos como: nombre, edad y género.

- Datos geográficos, como coordenadas X y Y, poligonales kmz.
- Información general sobre la realización de la actividad, así como la conclusión del objetivo señalado en superficie o longitud, si corresponde.
- Firmado por el coordinador de la actividad.
- Las fotografías deberán ser cargadas a través del sitio web de respaldo del proyecto.

16.3 Monitoreo de la cuantificación de las remociones del proyecto

Con el fin de asegurar la medición precisa de los cambios de las reservas de carbono, se ha establecido un sistema de remediciones anuales, el cual seleccionará el 20% de las parcelas establecidas en el muestreo inicial para realizar los cálculos de biomasa y carbono almacenado.

Las mediciones se realizan de la misma forma que en el inventario forestal inicial, en donde se incluye el diámetro a 1.30 m, altura total, longitud de copa, entre otros datos que se han mencionado anteriormente. Este enfoque permite detectar tendencias en el almacenamiento de carbono y fortalecer la precisión en las estimaciones de remociones.

El análisis se realizará con base a lo indicado en el documento metodológico, en el cual se realiza el cálculo de la diferencia entre los valores obtenidos de la línea base, o en su defecto, y de los resultados obtenidos del 2024.

Como se ha mencionado y con el propósito de mantener la fiabilidad de los datos, se continuará con la implementación de procedimientos de verificación interna y control de calidad alineados con los estándares BCR y la ISO 14064-3:2019. Se han definido protocolos para la calibración de equipos de medición, la revisión de registros de campo y la auditoría interna de los cálculos de carbono.

Es importante resaltar que las remediciones anuales permitirán actualizar estimaciones de carbono almacenado, evaluar el impacto del crecimiento forestal y detectar posibles pérdidas de carbono debido a eventos externos como incendios, plagas y enfermedades, entre otros (fugas). Se mantiene una

trazabilidad estricta asegurando la validez de los créditos de carbono generados y su posterior verificación externa.

Los datos de monitoreo son archivados en formatos digitales y físicos, a fin de conservar su disponibilidad para futuras auditorías y verificaciones. Se han establecido protocolos para el almacenamiento seguro de la información, incluyendo reportes de medición, registros e información geoespacial (SIG) y documentos de respaldo en campo.

Según la Metodología BCR0001, toda la información debe mantenerse archivada por un período mínimo de dos años después del último periodo de acreditación del proyecto, garantizando la trazabilidad y verificación a largo plazo.

16.4 Información para monitorear las actividades del proyecto y los resultados de mitigación:

El monitoreo de la cuantificación de las remociones de carbono en el proyecto “Carbono Forestal Viveros Montebelo” se basa en remediciones anuales, seleccionando aleatoriamente el 20% de las parcelas establecidas en el muestreo inicial. Este proceso permite evaluar la evolución del almacenamiento de carbono en el ecosistema a través de mediciones de campo y el procesamiento de datos con ecuaciones alométricas.

Para poder realizar la estimación de absorción o reducción de emisiones de GEI se utilizan datos obtenidos de campo como el diámetro a 1.30 m y la altura total del arbolado, con ayuda de herramientas como SIG para determinar las parcelas a remedir, una vez en campo, el uso de hipsómetros, cintas diámetricas, flexómetros y cintas métricas. A partir de estas mediciones, se calcula la biomasa aérea y subterránea mediante ecuaciones alométricas documentadas en la plantilla del proyecto, aplicando factores de conversión y procesamiento de datos en Excel.

La cuantificación de carbono se realiza a partir de las mediciones obtenidas en cada ciclo de monitoreo, garantizando la precisión en la estimación de absorciones de GEI. En caso de discrepancias superiores al 5% entre mediciones consecutivas, se revisarán los cálculos y, si es necesario, se realizará una nueva evaluación de las parcelas afectadas. Se determinó que, considerando la toma de

datos en campo y procesamientos de los mismos, no procede la aplicación de factor de descuento, ya que este proceso fortalece la confiabilidad de la cuantificación.

El monitoreo también considera los riesgos por eventos (fugas), v.g. incendios forestales, los cuales han generado daños considerables en la región en periodos de sequía severa, también las plagas y enfermedades o riesgos financieros. Por lo que hay un reconocimiento de áreas críticas y se implementará un monitoreo continuo para evaluar la ocurrencia de estos eventos y su impacto en las reservas de carbono del proyecto. En caso de pérdidas de carbono, se activará el protocolo de Reporte de Pérdida por Evento (Lost Event Report), notificando a BioCarbon dentro del plazo establecido y ajustando los créditos emitidos según corresponda.

El procesamiento y resguardo de la información sigue un flujo estructurado que incluye la captura de datos en campo, digitalización en bases de datos y validación mediante auditorías internas. Actualmente, la información es almacenada en Excel, con copias de respaldo organizadas para futuras auditorías y verificaciones. Conforme a la Metodología BCR0001, los datos deben mantenerse archivados durante al menos dos años después del último período de acreditación del proyecto.

Este sistema de monitoreo cumple con los requisitos del Estándar BCR, el documento metodológico AFOLU BCR0001 Cuantificación de las Remociones de GEI y el BCR Tool - Monitoring, Reporting and Verification (MRV), asegurando que la cuantificación de carbono se realice con altos estándares de control, calidad, precisión y trazabilidad de datos.

- a) los datos y la información necesarios para estimar la absorción o reducción de las emisiones de GEI durante el período de cuantificación del proyecto;*
- b) datos e información adicional para establecer la hipótesis de referencia o de referencia;*
- c) especificación de las posibles emisiones que se producirían fuera de los límites del proyecto como resultado de las actividades del proyecto de GEI (fugas);*

- d) información relacionada con la evaluación del impacto ambiental de las actividades del proyecto de GEI;*
- e) Procedimientos establecidos para la gestión de las reducciones o absorciones de emisiones de GEI y el control de calidad asociado para las actividades de seguimiento.*
- f) descripción de los procedimientos establecidos para el cálculo periódico de las reducciones o absorciones y fugas de emisiones de GEI;*
- g) la asignación de funciones y responsabilidades en materia de seguimiento y presentación de informes sobre las variables pertinentes para el cálculo de las reducciones o absorciones de emisiones de GEI;*
- h) procedimientos para evaluar la contribución del proyecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS);*
- i) criterios e indicadores relacionados con la contribución del proyecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, aplicables a las actividades de proyecto propuestas por el titular del proyecto;*

Literatura citada:

© Certificado de Biocarbono 2024*. Todos los derechos reservados. Este formato solo se puede utilizar para proyectos de certificación y registro con BIOCARBON. Prohibida la reproducción total o parcial.

NOTA: Este Documento de Proyecto (PD) se completará siguiendo las instrucciones incluidas. Sin embargo, es importante destacar que estas instrucciones son complementarias a la NORMA BCR, y a la Metodología aplicada por el titular del proyecto, en la cual se puede encontrar más información de cada apartado.