

EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE EL SALTO

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN**

**Validación de las metodologías para el registro
de proyectos forestales de carbono bajo la
Norma NMX-AA-173-SCFI-2015**

TESIS

**Que como requisito parcial para obtener el grado
de Maestra en Ingeniería Forestal**

PRESENTA:

ANA VICTORIA VALDEZ RODRÍGUEZ

El Salto, Pueblo Nuevo, Durango

Enero de 2023

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE EL SALTO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

La presente tesis titulada:

**Validación de las metodologías para el registro de
proyectos forestales de carbono bajo la Norma
NMX-AA-173-SCFI-2015**

Realizada por:

ANA VICTORIA VALDEZ RODRÍGUEZ

Bajo la dirección del Comité de Tesis indicado, ha sido aprobada
por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el
Grado de:

MAESTRA EN INGENIERÍA FORESTAL

COMITÉ DE TESIS



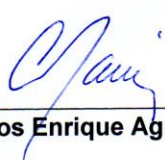
Dr. Benedicto Vargas Larreta

DIRECTOR



Dr. Francisco Javier Hernández

ASESOR



Dr. Carlos Enrique Aguirre Calderón

ASESOR

El Salto, Pueblo Nuevo, Durango

Enero de 2023

DEDICATORIA

A mis padres Margarita Rodríguez Esparza y José Luis Valdez Ceniceros
y mis hermanos Fernando Valdez Rodríguez y Luis Antonio Valdez Rodríguez,
por ser mi motor y tesoro más grande, los amo con mi vida.

A mis amigos quienes estuvieron apoyándome durante este proceso
y son fuente de inspiración para mí.

A todas las personas que me han acompañado en el camino
y me han brindado su amor, comprensión y sostén.

A Dios por seguir dándome la oportunidad de crecer,
experimentar y reinventarme.

Por todo lo que significó la elaboración de este trabajo
y lo que representa cerrar este ciclo en mi vida.

Gracias, gracias, muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto tecnológico de El Salto por haberme permitido realizar mis estudios de posgrado en su valiosa institución.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado para mi formación y por el financiamiento del proyecto “Metodologías para el registro de proyectos forestales de carbono y la certificación del incremento en los acervos de carbono en México (clave A-S-65118)”.

A la Unidad de Prestación de Servicios Ejidales de El Salto A.C. (UPSE No. 6) por permitirme realizar mi estancia profesional en su asociación y por el apoyo económico y moral recibido; agradezco al Ing. Fabián Huizar Amezcua por su amabilidad y por toda la ayuda que me brindó a lo largo de este estudio; a los Técnicos Forestales Arturo Delgado Ávila y Josué Mata Meza por su interés y atención en mi avance, a Jorge, Josué y Alan que me acompañaron en mis salidas de campo y al Ing. José Ramón Hernández por su guía y conocimientos compartidos.

Al Ejido Los Bancos, en especial al Comisariado Ejidal José Miguel Hernández García por su disposición y apoyo.

Al Dr. Benedicto Vargas Larreta por la confianza depositada en mí para la realización de este trabajo, por su apoyo, orientación, conocimientos brindados y por sus atinadas correcciones para ir moldeando poco a poco este documento.

Al Dr. Francisco Javier Hernández por el apoyo brindado como asesor y profesor, gracias por el tiempo invertido para la realización de esta tesis.

Al Dr. Carlos Enrique Aguirre Calderón por su disposición, amabilidad y el apoyo que me brindó como asesor durante la realización de esta tesis.

Al Lic. Cristóbal Gerardo Aguirre Calderón por el acompañamiento brindado a lo largo de este posgrado, mostrando siempre una gran calidez humana.

A mis profesores que me han marcado con su gran ejemplo y siempre mostraron gran interés por mi aprendizaje.

RESUMEN

La falta de metodologías para la aplicación de la Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015, ha generado barreras técnicas y dificultades metodológicas para su puesta en operación. El objetivo de este estudio fue validar las metodologías para el registro de proyectos forestales de carbono y la certificación de incrementos en los acervos de carbono en México bajo esta Norma en el ejido forestal Los Bancos, Pueblo Nuevo, Durango. La primera parte del análisis consistió en la revisión de metodologías nacionales e internacionales que tuvieran una contribución significativa en el contexto de los proyectos forestales de carbono; posteriormente se aplicaron los instrumentos metodológicos para verificar el cumplimiento los siete principios de la Norma. Para la contabilidad de los almacenes y el incremento de los acervos de carbono se establecieron 30 sitios, en los cuales se tomó información de la biomasa aérea, biomasa subterránea, mantillo, madera muerta, material leñoso caído y materia orgánica del suelo. El tamaño de muestra necesario para alcanzar el error de muestreo (5%) fue 253 sitios. La suma del carbono en todos los reservorios evaluados ascendió a 1'931,936.54 MgCO₂e, de los cuales la biomasa aérea y subterránea representaron el 74.5% del total del proyecto con 1,027,360.79 y 410,944.31 MgCO₂e, respectivamente, mientras que el mantillo, madera muerta y material leñoso caído representaron el 6.1%, por lo que se considera que su aporte individual al carbono total del proyecto no es significativo; el carbono orgánico del suelo representó el 19.4% del total del proyecto por lo que debe ser incluido de forma obligatoria. Derivado de la aplicación de los instrumentos metodológicos para comprobar el cumplimiento los requisitos de la NMX-AA-173-SCFI-2015 se concluye que estos son operativos y aplicables.

Palabras clave: Metodologías, proyecto forestal de carbono, reservorio, NMX-AA-173-SCFI-2015.

ABSTRACT

The lack of methodologies for the application of the Mexican Standard NMX-AA-173-SCFI-2015 has generated technical barriers and methodological difficulties for its implementation. The objective of this study was to validate the methodologies for the registration of forest carbon projects and the certification of carbon stock increments in Mexico under this Standard in the ejido Los Bancos, Pueblo Nuevo, Durango. The first part of the analysis consisted of a review of national and international methodologies that have a significant contribution in the context of forest carbon projects; the methodological tools were then applied to verify compliance with the seven principles of the Standard. For carbon stock accounting and carbon stock increment, 30 sites were established, where information of aboveground biomass, belowground biomass, mulch, dead wood, fallen woody material and soil organic matter was collected. The sample size needed to reach the sampling error (5%) was 253 sites. The total carbon in all assessed pools amounted to 1'931,936.54 MgCO₂e, of which aboveground and belowground biomass accounted for 74.5% of the total carbon of the project, with 1,027,360.79 and 410,944.31 MgCO₂e, respectively, while debris, dead wood and fallen woody material carbon accounted for 6.1%, so it is considered that their individual contribution to the project total carbon is not significant; soil organic carbon accounted for 19.4% of the total carbon; therefor, its inclusion as carbon reservoir should be mandatory. Derived from the application of the methodological instruments to verify compliance with the requirements of NMX-AA-173-SCFI-2015, it is concluded that these are operational and applicable.

Keywords: Methodologies, carbon forestry project, reservoir, NMX-AA-173-SCFI-2015.

CONTENIDO

RESUMEN	i
ABSTRACT	i
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. General.....	3
2.1.1. Específicos	3
3. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	4
3.1. Cambio climático y calentamiento global.....	4
3.2. Los bosques y el cambio climático	5
3.3. Protocolo de Kioto	6
3.4. Mercado de bonos de carbono	6
3.4.1. Mercado regulado.....	7
3.4.2. Mercado voluntario	8
4.4.2.1 Principales estándares del mercado voluntario.....	11
3.5. Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015	13
4. MATERIALES Y MÉTODOS	16
4.1. Descripción del área de estudio	16
4.1.1. Características del área de estudio	16
4.1.1.1. Clima.....	16
4.1.1.2. Suelo.....	17
4.1.1.3. Vegetación	18
4.2. Metodología.....	18
4.2.1. Revisión de literatura para el análisis de los estándares	18
4.2.2. Proceso de validación de las metodologías.....	19
Principio 1. Localización del proyecto y definición de actividades	19
4.2.2.1. Principio 2. Cuantificación técnicamente demostrable y conservadora de GEI	20
4.2.2.2. Absorciones por reservorio en el escenario de línea base	21
4.2.2.3. Principio 3. Línea base y adicionalidad del proyecto	33
4.2.2.4. Principio 4. Identificación y manejo de fugas	33
4.2.2.5. Principio 5. Salvaguardas sociales y ambientales	34
4.2.2.6. Principio 6. Manejo de riesgos del proyecto y permanencia del incremento en el acervo de carbono	34
4.2.2.7. Principio 7. Esquema de monitoreo robusto y verificación independiente	35
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
5.1. Revisión de literatura para el análisis de los estándares.....	36
5.2. Validación de las metodologías	54
5.2.1. Principio 1. Localización del proyecto y definición de actividades	54
5.2.1.1. Declaración del tipo de Proyecto Forestal de Carbono.....	54
5.2.1.2. Requisitos que deben cumplir las relaciones de representación, coordinación, asesoría técnica y comerciales que participen en un PFC.....	54
5.2.1.3. Identificación de proponentes, propietarios, predios y áreas de actividad que integran el proyecto forestal de carbono (PFC)	55
5.2.1.4. Georreferenciación del límite del predio	55
5.2.1.5. Georreferenciación de las áreas del proyecto	56
5.2.1.6. Descripción geográfica de las áreas del proyecto	56

5.2.1.7.	Descripción clara de las actividades del proyecto	57
5.2.1.8.	Elegibilidad de las actividades	57
5.2.1.9.	Identificación del tipo de propiedad del predio o predios participantes y documento que se entrega para acreditar la legal propiedad del predio(s)	57
5.2.1.10.	Propiedad del carbono fijado.....	58
5.2.1.11.	Cumplimiento de la legislación y la normatividad.....	58
5.2.2.	Principio 2. Cuantificación técnicamente demostrable y conservadora de GEI	59
5.2.2.1.	Declaración de reservorios de carbono	59
5.2.2.2.	Estimación preliminar de absorciones por reservorio	59
5.2.2.3.	Composición florística.....	62
5.2.2.4.	Características dasométricas de los árboles muestreados.....	63
5.2.2.5.	Cálculo de biomasa y carbono a nivel de unidad de muestreo	63
5.2.2.6.	Tamaño de muestra.....	65
5.2.3.	Toneladas de CO ₂ e del área de actividad	69
5.2.4.	Principio 3. Línea base y adicionalidad del proyecto	69
5.2.4.1.	Desarrollar una línea base demostrable para el proyecto.....	70
5.2.4.2.	Identificación de escenarios alternativos	70
5.2.4.3.	Metodologías y parámetros para la estimación de emisiones y absorciones	70
5.2.4.4.	Prueba de requisitos legales.....	71
5.2.4.5.	Carta de aplicación voluntaria del proyecto	71
5.2.4.6.	Enfoques elegibles para el análisis de barreras	71
5.2.4.7.	Declaración de la Adicionalidad del proyecto	72
5.2.5.	Principio 4. Identificación y manejo de fugas	72
5.2.5.1.	Declaración de niveles de ingreso y producción del propietario forestal.....	72
5.2.5.2.	Descripción de actividades económicas que tienen lugar en el área del proyecto	73
5.2.5.3.	Declaración de actividades económicas forestales con potencial de fuga relevantes	73
5.2.6.	Principio 5. Salvaguardas sociales y ambientales	75
5.2.6.1.	Control y gestión documental del proyecto	75
5.2.6.2.	Declaración de superficie bajo manejo forestal	76
5.2.6.3.	Planificación anual	76
5.2.6.4.	Declaración de cambios de uso de suelo autorizados	76
5.2.6.5.	Declaración de la no existencia de medidas de seguridad o sanciones de ningún tipo en materia forestal.....	77
5.2.6.6.	Declaración de las actividades de saneamiento forestal	77
5.2.6.7.	Descripción de los servicios ambientales relevantes del PFC	78
5.2.6.8.	Uso de especies nativas o endémicas.....	78
5.2.6.9.	Promoción de la regeneración natural	78
5.2.6.10.	Verificación de las especies utilizadas	79
5.2.6.11.	Descripción de los sitios de significado especial	79
5.2.6.12.	Distribución equitativa de beneficios	79
5.2.6.13.	Inducción y sensibilización	79
5.2.6.14.	Participación del ejido o comunidad en el diseño del proyecto	80
5.2.6.15.	Notificación de reuniones	80
5.2.6.16.	Documentación de las reuniones	81
5.2.6.17.	Designación del coordinador del proyecto	81
5.2.6.18.	Presentación y aprobación del proyecto	81
5.2.6.19.	Pertinencia e idoneidad de los materiales.....	81
5.2.7.	Principio 6. Manejo de riesgos del proyecto y permanencia del incremento en el acervo de carbono	81
5.2.8.	Principio 7. Esquema de monitoreo robusto y verificación independiente	82
5.2.8.1.	Declaración de la fecha de inicio del monitoreo y duración del mismo	82
5.3.	Validación de la herramienta SiCC	83
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
7.	BIBLIOGRAFÍA	85

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tipos de clima presentes en el ejido Los Bancos.	17
Cuadro 2. Tipos de suelo presentes en ejido Los Bancos.	17
Cuadro 3. Coordenadas UTM de las Unidades de Muestreo (UM).	22
Cuadro 4. Parámetros estimados y estadísticas de bondad para las ecuaciones de biomasa para las especies de bosque templado en Durango, México.	26
Cuadro 5. Valores de densidad de la madera.	28
Cuadro 6. Porcentaje de deducción en la biomasa en caso de daño.	29
Cuadro 7. Contenido promedio de carbono de los componentes arbóreos de las especies de pino y encino en los bosques templados de Durango, México.	29
Cuadro 8. Valores de fracción de carbono para la UMAFOR 1008.	32
Cuadro 9. Concentración de carbono orgánico en el suelo para bosque de pino-encino.	32
Cuadro 10. Análisis de aplicabilidad de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).	36
Cuadro 11. Análisis del alcance para cada uno de los estándares evaluados.	37
Cuadro 12. Análisis del alcance geográfico para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).	38
Cuadro 13. Análisis de los requisitos generales para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).	39
Cuadro 14. Análisis de las condiciones para proyectos agrícolas, forestales y otros usos del suelo para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).	40
Cuadro 15. Análisis de las condiciones de reservorios para cada uno de los estándares evaluados ..	42
Cuadro 16. Análisis de las metodologías cada uno de los estándares evaluados.	42
Cuadro 17. Análisis para los cálculos de cada uno de los estándares evaluados.	43
Cuadro 18. Análisis de la adicionalidad para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).	44
Cuadro 19. Análisis de la línea base para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).	45
Cuadro 20. Análisis de la doble contabilidad para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).	46
Cuadro 21. Análisis de las salvaguardias sociales y ambientales para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).	47
Cuadro 22. Análisis de la verificación y monitoreo para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).	48
Cuadro 23. Análisis de la verificación y monitoreo para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).	50

Cuadro 24. Análisis del período de acreditación para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).	52
Cuadro 25. Superficies del proyecto por tipo de actividad y estrato.	60
Cuadro 26. Contenidos de carbono de referencia.	60
Cuadro 27. Homologación de las clases en los estratos de vegetación y las clases de contenidos de carbono.	60
Cuadro 28. Valores y porcentajes de referencia en la línea base.	61
Cuadro 29. Valores y porcentajes de referencia en el escenario del proyecto.	61
Cuadro 30. Contenidos de CO ₂ e en la línea base (MgCO ₂ e).	61
Cuadro 31. Contenido de CO ₂ e en el escenario del proyecto (MgCO ₂ e).	61
Cuadro 32. Beneficios climáticos brutos del proyecto (tCO ₂ e).	61
Cuadro 33. Estadísticos descriptivos por especie.	63
Cuadro 34. Conversión a toneladas de biomasa arbórea aérea por unidad de área (ha) y estimación de carbono (MgC ha ⁻¹).	64
Cuadro 36. Estimación del carbono total del proyecto.	65
Cuadro 35. Valores de los estimadores del diseño simple al azar para carbono (Mg ha ⁻¹).	65
Cuadro 37. Contenido de carbono por UM.	66
Cuadro 38. Conversión a toneladas de biomasa por unidad de área (ha) y estimación de carbono Mg ha ⁻¹ en la madera muerta.	66
Cuadro 39. Estimación de biomasa y carbono en el componente de material leñoso caído.	67
Cuadro 40. Toneladas de carbono equivalente de todos los reservorios.	69
Cuadro 41. Volumen aprovechado (m ³) por tipo de madera antes del inicio del proyecto.	72
Cuadro 42. Volumen de los informes de aprovechamiento forestal de las anualidades 2019-2020 y 2020-2021.	73
Cuadro 43. Volumen aprovechado por tipo de madera antes del inicio del proyecto.	74
Cuadro 44. Conversión de volumen a biomasa (toneladas) (tomado de la Hoja de Cálculo para cuantificar el riesgo de Efectos Secundarios del proyecto ejido forestal Los Bancos).	74
Cuadro 45. Conversión de biomasa a tCO ₂ e (tomado de la Hoja de Cálculo para cuantificar el riesgo de Efectos Secundarios del proyecto ejido forestal Los Bancos).	74
Cuadro 46. Efectos secundarios anuales tCO ₂ e (tomados de la Hoja de Cálculo para cuantificar el riesgo de Efectos Secundarios del proyecto ejido forestal Los Bancos).	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Volumen de transacciones histórico en el mercado voluntario de carbono (Tomado de Ecosystem Marketplace, 2021).	10
Figura 2. Localización del ejido Los Bancos en el contexto estatal.	16
Figura 3. Ubicación de las Unidades de Muestreo (UM).	23
Figura 4. Unidad de muestreo para cuantificar reservorios de carbono del proyecto (Fuente: Manual de metodologías para la cuantificación y monitoreo de los acervos de carbono en proyectos de la Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015).	24
Figuras 5 y 6. Delimitación de Unidades de Muestreo.	25
Figura 6. Localización del proyecto elaborado por desarrollador del proyecto CAR 1392.	55
Figura 7. Número de individuos por especie.	62
Figura 8. Reporte de CALCBOSK de la Línea Base del proyecto.	70

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático representa uno de los principales problemas a nivel global que existen en la actualidad, debido a sus impactos sobre los ecosistemas, la biodiversidad, los recursos hídricos y la salud pública, porque sus repercusiones afectan y alteran prácticamente la totalidad de las actividades humanas (González y Meira, 2020; DOF, 2015; CONAFOR, 2013).

Los ecosistemas forestales desempeñan un papel decisivo, tanto en la mitigación del cambio climático como en la adaptación al mismo, ya que los bosques y selvas pueden llegar a representar grandes reservorios de carbono. Por lo tanto, para fomentar el desarrollo de estrategias encaminadas a revertir esta problemática ambiental, se elaboró la Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015, la cual establece los lineamientos para el registro de proyectos forestales de carbono y la certificación del incremento del acervo de carbono, y tiene como objetivo establecer los principios y criterios para asegurar la solidez de los proyectos y la trazabilidad de los créditos que de ellos se deriven (DOF, 2015; FAO, 2016; Orta, 2018).

Los proyectos forestales de carbono aportan numerosos beneficios sociales y ambientales, por lo que la puesta en valor de este tipo de proyectos es una línea estratégica fundamental para impulsar el mercado nacional de carbono forestal, promoviendo la certificación de proyectos forestales para incrementar las reservas de carbono. No obstante, se han encontrado barreras técnicas y dificultades metodológicas para su registro y certificación (CONAFOR, 2018).

Las metodologías que deben emplearse para elaborar y ejecutar los proyectos forestales de carbono bajo esta Norma deben ser aprobadas por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), con el apoyo del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y de un Consejo Consultivo designado para dicho propósito. La finalidad de estas metodologías es generar un marco de protocolos estandarizados que aseguren la consistencia técnica de los proyectos y, por lo tanto,

la certidumbre de los créditos de carbono que se generen a partir de estos (DOF, 2015).

La falta de metodologías específicas nivel nacional que abarquen todas las actividades para la aplicación de la Norma, ha ocasionado que a pesar de los esfuerzos para realizar el registro y certificación de proyectos forestales de carbono, estos hayan quedado en etapa de elaboración debido a la falta de protocolos específicos; por lo que es necesario el establecimiento de un marco de referencia basado en un proceso de aseguramiento costo-efectivo de la calidad de los créditos de carbono forestal a nivel nacional (DOF, 2015).

Para garantizar el fortalecimiento de los mercados de carbono se desarrolló el proyecto “Metodologías para el registro de proyectos forestales de carbono y la certificación de incrementos en los acervos de carbono en México”, financiado por el Fondo Sectorial CONAFOR-CONACYT (CONAFOR, 2018).

El objetivo de este estudio fue validar las metodologías desarrolladas en el marco de dicho proyecto en el ejido Los Bancos, Pueblo Nuevo, Durango, con la finalidad de evaluar la factibilidad y adaptabilidad de los procedimientos propuestos para el registro y monitoreo de proyectos forestales de carbono en México bajo la NMX-AA-173-SCFI-2015.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Validar las metodologías para el registro de proyectos forestales y la certificación de los incrementos en los acervos de carbono bajo la NMX-AA-173-SCFI-2015.

2.1.1. Específicos

- Aplicar los instrumentos metodológicos y cada uno de los requisitos de la NMX-AA-173-SCFI-2015 al proyecto forestal de carbono del ejido Los Bancos para evaluar su utilidad práctica.
- Validar los procedimientos del manual de metodologías para la cuantificación y monitoreo de los acervos de carbono en proyectos de la Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015 en dicho Ejido.
- Validar la herramienta SiCC (Sistema de Contabilidad de Carbono) para la evaluación de la factibilidad de proyectos forestales de carbono.

3. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

3.1. Cambio climático y calentamiento global

El cambio climático se refiere al cambio persistente y significativo en el clima, el cual ocurre de manera natural debido a los cambios regulares en la órbita terrestre alrededor del sol, los movimientos en las placas tectónicas y las actividades humanas (U.S. Global Change Research Program, 2009).

Los niveles de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero (GEI) han aumentado desde la revolución industrial, cuando el hombre comenzó a generar bienes en grandes cantidades a partir de combustibles derivados del carbón y del petróleo, combustibles que liberan partículas a la atmósfera y producen el efecto invernadero (Ibarra y Escobar, 2008). El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007), afirma que las emisiones globales de gases de efecto invernadero han crecido desde la época preindustrial, con un incremento de 70% entre 1970 y 2004; asimismo el dióxido de carbono, el gas de efecto invernadero antropogénico más importante, ha aumentado sus emisiones anuales 80% durante este periodo.

Las tres décadas anteriores han sido más calientes en la superficie de la Tierra que cualquier otra década desde 1850. El periodo comprendido de 1983 a 2012 fue el periodo más cálido de los últimos 1,400 años en el hemisferio norte. La temperatura global promedio combinada de la superficie terrestre y oceánica muestran un calentamiento global de 0.85 °C, con un rango probable de 0.65 a 1.06 °C, por lo que es probable que el calentamiento global llegue a 1.5 °C entre 2030 y 2052 si continua el ritmo actual, lo cual implica un riesgo para los sistemas naturales y humanos, pero siendo menor que un calentamiento global de 2 °C (IPCC, 2007; IPCC, 2014).

3.2. Los bosques y el cambio climático

La preocupación mundial para mitigar los efectos del cambio climático ha dado paso a políticas internacionales dirigidas a comprender los procesos de generación y absorción de GEI. Esto ha permitido entender la importancia de la vegetación para captar el dióxido de carbono atmosférico a través de la fotosíntesis, para incorporarlo a las estructuras vegetales y de esta forma, mitigar la concentración de dióxido de carbono a la atmósfera y por consiguiente el cambio climático (Ordoñez, 2008).

Los ecosistemas forestales desempeñan un papel importante, tanto en la mitigación del cambio climático como en la adaptación al mismo, ya que los bosques y selvas representan grandes reservorios de carbono. De ahí deriva la importancia de contar con recursos financieros adecuados y previsibles para la aplicación de enfoques de política e incentivos destinados a reducir las emisiones debidas a la deforestación y a la degradación forestal, así como la función de la conservación, la ordenación sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono, además de la importancia de los beneficios no relacionados con el carbono que lleva asociada la gestión forestal sostenible (FAO, 2016).

En ese contexto, el manejo forestal es una opción importante para la mitigación de emisiones de dióxido de carbono y para el aprovechamiento sustentable a través del mercado que se genere por el pago de servicios ambientales, por lo que es fundamental entender la relación existente entre estos componentes con el fin de lograr la conservación y permanencia de los recursos naturales en el ámbito local, nacional e internacional (Ordoñez, 2008).

Según la FAO (2003), el manejo de los bosques podría ser parte del problema o parte de la solución, al señalar que los bosques pueden incrementar su capacidad para equilibrar las perturbaciones humanas en el ciclo global del carbono. Además, existen algunas acciones posibles, como reducir presiones por deforestación, aumentar el uso de productos de madera y la madera misma como combustible natural y promover la agroforestación.

3.3. Protocolo de Kioto

Derivado de la preocupación por la vulnerabilidad y la adaptabilidad ante el cambio climático, en 1997 se firmó el Protocolo de Kioto dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), acuerdo por el cual los países industrializados del Anexo I se comprometen a reducir sus emisiones dentro de un límite que evite la interferencia humana en los procesos climáticos, permitiendo el desarrollo sostenible y la adaptabilidad de los ecosistemas de forma natural (CMNUCC, 1997; Ibarra y Escobar, 2008).

El Protocolo de Kioto dio la oportunidad a los participantes de reducir sus emisiones en una amplia visión de sectores de la economía, por lo que se promovió el trabajo coordinado entre gobiernos, mejorando la eficiencia energética y la generación de formas de energía renovable, así como la contabilidad del carbono absorbido por los sumideros de carbono, como los bosques o tierras de cultivo, a través de los llamados mecanismos flexibles, como el Comercio de emisiones (CI), el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y la Aplicación Conjunta (AC) (Rodríguez, 2007).

Entre los periodos de la Cuarta (2009) y la Quinta (2012) Comunicación Nacional de México ante la CMNUCC se incrementaron las políticas y las investigaciones en materia climática, entre las que destacan la Ley General de Cambio Climático (LGCC), publicada el 6 de junio de 2012, que extiende responsabilidades entre los tres órdenes de gobierno en materia de adaptación y mitigación; por lo que el involucramiento de los sectores de gobierno ha facilitado la incorporación de políticas y actividades relacionadas al cambio climático (Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR, 2019).

3.4. Mercado de bonos de carbono

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2010), existen diversos esfuerzos para reducir las emisiones de carbono a través de actividades que ayuden a almacenar y eliminar carbono; uno de ellos es el

mercado de carbono, donde el producto intercambiado es el bono de carbono, que corresponde a una reducción certificada de una tonelada de dióxido de carbono (tCO_2) emitido en el aire, o de una cantidad equivalente de otro gas de efecto invernadero (Raguenés, Wagner & Etienne, 2013).

Los mercados de carbono funcionan de forma similar al mercado financiero, donde existe una parte compradora y una vendedora de créditos de carbono. Quienes reducen o secuestran carbono reciben un pago, y quienes tienen que reducir sus emisiones pueden comprar bonos para compensar las emisiones que no pueden evitarse (FAO, 2010).

El comercio de los bonos de carbono es una representación de comercialización del medio ambiente, ya que se fija un valor al derecho de contaminar un beneficio común que es el aire; el precio es fijado y es variables de acuerdo con el tipo de mercado y de proyecto (López-Toache, Romero-Amado, Toache-Berttolini y García-Sánchez, 2016).

Para cuantificar la reducción de los GEI existe una unidad básica de referencia que es el dióxido de carbono equivalente (CO_2e); por lo tanto, en este sistema las actividades que disminuyen los GEI reciben un precio por tonelada removida de carbono equivalente (TCO_2e); dicha equivalencia se basa el calentamiento global potencial de cada gas incluido en el mercado de carbono.

3.4.1. Mercado regulado

Dentro del Protocolo de Kioto surge el mercado regulado de carbono, el cual es utilizado por empresas y gobiernos que por ley tienen que rendir cuentas acerca de sus emisiones de GEI; este se encuentra regulado por regímenes obligatorios de carácter regional, nacional o internacional (FAO, 2010). En el mismo protocolo se estipula que cuando un país no pueda cumplir con los compromisos de reducción de sus emisiones o no consiga ejecutarlas por sí mismo, podrá recurrir a uno de los

mecanismos de flexibilización: Comercio de emisiones (CI), Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y la Aplicación Conjunta (AC) (Ibarra y Escobar, 2008).

El MDL permite a empresas o gobiernos invertir en proyectos de reducción de emisiones propiciando un desarrollo sostenible en países en vías de desarrollo. A partir de la retención de GEI se generan créditos de carbono, denominados Certificados de Reducción de Emisiones (CER por sus siglas en inglés); de esta manera las empresas o países industrializados pueden contabilizar las reducciones como propias y cumplir sus compromisos de reducción (FAO, 2010). Por ejemplo, si una empresa emite 1 millón de tCO₂e, puede contrarrestar sus emisiones conservando un bosque que absorba ese millón de tCO₂e, o financiando el desarrollo de energías limpias en países en vías de desarrollo (Vázquez, 2011).

A partir del 2013 la situación del MDL cambió por diversos factores, entre los que destacan la caída de precios por la alta oferta de bonos y la poca demanda al final del primer periodo de compromiso (SEMARNAT, 2018). La incertidumbre sobre el destino del MDL hace inviable el registro de nuevos proyectos para este mercado; aun así, las metodologías utilizadas en este mecanismo siguen siendo reconocidas por su solidez y confiabilidad (Orta, 2018).

3.4.2. Mercado voluntario

En el mercado voluntario las entidades que realizan la compra de bonos de carbono son compradores voluntarios, ya que estos deciden voluntariamente compensar sus emisiones. En este mercado participan empresas, gobiernos o cualquier individuo que voluntariamente se adhiere a una meta de reducción de emisiones. Las consideraciones más habituales para la compra de bonos de carbono son la responsabilidad corporativa, la reputación, la certificación y los beneficios sociales y ambientales (FAO, 2010; SNV, 2011; Raguenés *et al.*, 2013).

La organización de este mercado es muy similar a la del mercado oficial, ya que utiliza auditorías internacionales acreditadas por las Naciones Unidas que certifican los proyectos; sin embargo, este no está regulado por las Naciones Unidas. Además,

los certificados de emisiones pueden ser generados por países que no han sido ratificados en el Protocolo de Kioto, o que no cuentan con la infraestructura para un proyecto MDL. En el mercado voluntario las actividades que reducen GEI producen Reducciones de Emisiones Certificadas (VER por sus siglas en inglés) (Lucatello, 2011; Raguenés *et al.*, 2013).

Históricamente el mercado voluntario ha sido más importante para el sector forestal que el mercado regulado, ya que cerca del 83% de las transacciones realizadas en el mercado de carbono forestal han ocurrido en el mercado voluntario (Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR, 2019).

A lo largo de la historia de los mercados voluntarios de carbono, el volumen total de compensaciones negociadas ha variado significativamente de un año a otro. De hecho, el cambio porcentual promedio en el volumen anual del mercado entre 2005 y 2016 fue del 50% (Hamrick & Gallant, 2017).

El volumen de transacciones en el mercado voluntario en el año 2016 fue de 63.4 MtCO₂e, y, de acuerdo con Ecosystem Marketplace (2021), en 2020 el volumen de compensaciones voluntarias de carbono alcanzó un volumen récord de 188.2 MtCO₂e. Este crecimiento representa un aumento del 80% con respecto a 2019 y es particularmente interesante considerando que 2020 fue un año de interrupción mundial debido a la pandemia COVID-19. Aún más dramático fue el crecimiento del mercado en 2021. Apenas ocho meses después del año, los volúmenes de comercio de compensaciones de carbono en el mercado voluntario aumentaron 27%, con el punto más alto de 2020 fijado en 239.3 MtCO₂e (Figura 1).

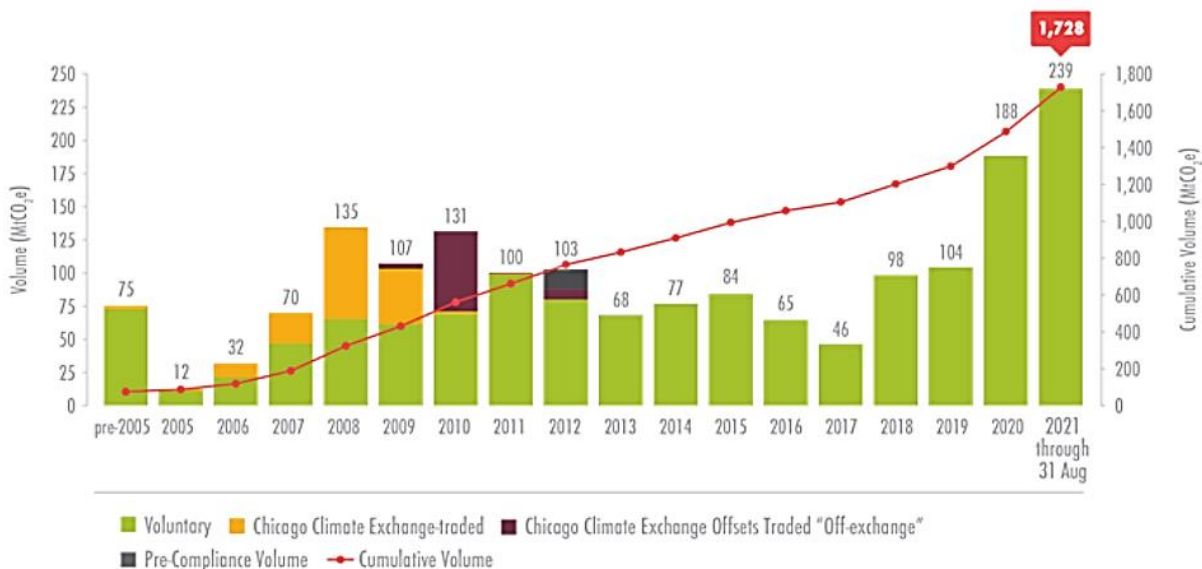


Figura 1. Volumen de transacciones histórico en el mercado voluntario de carbono (Tomado de Ecosystem Marketplace, 2021).

Los proyectos de silvicultura y de uso del suelo registraron un volumen en 2020 de 47 MtCO₂e (el máximo anterior fue de 50.7 MtCO₂e en 2018) y estableció un nuevo precio máximo de \$5.59 USD/tCO₂e en 2020; comparativamente, los precios promedio fueron de \$3.40 en 2018 y \$4.33 en 2019 (Ecosystem Marketplace, 2017).

Vázquez (2010) afirma que México debe aprovechar su fortaleza al encontrarse dentro de un mercado de carbono voluntario, ya que cuenta con una mayor oportunidad de realizar cambios graduales en comparación con los países desarrollados; sin embargo, Rivas (2010) afirma que el mercado de bonos de carbono posee desventajas, como el prolongado tiempo de aprobación de proyectos, riesgos financieros y variables como el impacto social, ambiental y económico de los proyectos.

Según Bustamante y Gallegos (2009), en México resulta difícil establecer parámetros en la asignación de recursos para actividades relacionadas con el comercio de bonos de carbono, por lo que existe necesidad de contar con organismos moduladores que asignen proyectos, evalúen tecnologías, otorguen recursos y vigilen la distribución de

estos, creando una cultura de reducción de gases de efecto invernadero e industrias más competitivas.

4.4.2.1 Principales estándares del mercado voluntario

De acuerdo con Ríos *et al.* (2012), las metas del mercado voluntario se centran en determinar los pasos metodológicos para proyectos específicos, incluyendo adicionalidad, medición y permanencia, así como promover negociaciones bajo la CMNUCC para la inclusión de actividades de reducción de emisiones de deforestación y degradación posteriores al 2012 en países en desarrollo.

Un estándar representa un mecanismo que provee los requerimientos para el desarrollo de un proyecto en el mercado voluntario. Los principales estándares se describen a continuación.

- a) *Verified Carbon Standard* (VCS - AFOLU). Es un estándar con gran influencia a nivel global para validaciones de compensaciones voluntarias y está respaldado por las empresas más grandes del mundo. Es el programa más utilizado de reducción de GEI dentro del mercado voluntario, y ha certificado más de 1500 proyectos (21 forestales hasta 2012) y que, en conjunto, han reducido o removido más de 200 millones de toneladas de GEI de la atmósfera (VCS, 2016).
- b) *American Carbon Registry* (ACR). Es un sistema de registro estandarizado que describe los requisitos y especificaciones para la expedición de reducciones en los mercados voluntarios de carbono; sus metodologías están disponibles para proyectos de reforestación, forestación y revegetación, para el mejoramiento en el manejo de los bosques y para las categorías de los proyectos REDD. Dichas metodologías no son aceptadas bajo el programa del Mecanismo de Desarrollo Limpio (USAID, 2012).
- c) *CarbonFix Standard* (CFS). El objetivo del estándar es fomentar la forestación voluntaria y los proyectos de reforestación climática (USAID, 2012); provee a

los desarrolladores de proyectos de estándares de calidad que sean aplicables para diferentes escalas y usuarios. Combina con un seguro de permanencia, co-beneficios positivos y un sistema de seguimiento y localización transparente (Merger & Williams, 2008; Ríos *et al.*, 2012).

- d) *Climate Action Reserve* (CAR). Surgido del California Climate Action Registry (CCAR), fue creado en 2001 por el estado de California, para promover y proteger las acciones tempranas de mitigación del cambio climático de las empresas del Estado a través de la contabilidad y reducción de emisiones. CAR establece estándares de calidad para proyectos de carbono, supervisa organismos de verificación, emite créditos de carbono y realiza un seguimiento de estos a lo largo del tiempo en un sistema de acceso público. Este estándar ha desarrollado un Protocolo Forestal para México (CAR, s.f.).
- e) *Gold Standard* (GS). El Gold Standard ofrece un mercado para créditos de carbón derivados de energía renovable y el uso eficiente de la misma para contribuir con el desarrollo sustentable de los países; este estándar excluye proyectos de silvicultura y uso de la tierra. El GS fue una iniciativa del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y se desarrolló conjuntamente con otras organizaciones no gubernamentales que creyeron que el MDL no favorecía a los proyectos de desarrollo sostenible en los países más necesitados. En 2012, la fundación de GS tomó la decisión de ampliar su alcance para incluir uso de tierra y bosques. Los proyectos pueden aplicar para los siguientes sistemas silviculturales: bosques de conservación, bosques con cosecha selectiva y silvicultura de ciclos de rotación, donde todos los proyectos pueden incluir agrosilvicultura o actividades silvopastoriles (Gold Standard, 2013).
- f) *Estándar Plan Vivo* (EPV). Es una organización y estándar que surgió de un proyecto de investigación en el sur de México en 1994. El objetivo del EPV es contribuir a la mitigación del cambio climático y a promover el desarrollo sostenible a través de proyectos rurales comunitarios, además de ayudar a agricultores, mantener proyectos y promover sistemas de gestión a pequeña

escala en países de desarrollo. Los proyectos elegibles bajo este esquema son proyectos de reforestación, forestación, agroforestería, restauración ecológica, manejo y mejoramiento de los ecosistemas y proyectos REDD (USAID, 2012; Merger, 2008).

- g) *Climate, Community & Biodiversity Standard* (CCBS). El objetivo principal de CCBS es proporcionar regulaciones y orientación para desarrollar proyectos de uso de la tierra que mitiguen el cambio climático y brinden múltiples beneficios en un entorno sostenible integrado. Los estándares CCCB se pueden aplicar a cualquier proyecto de gestión de la tierra, incluidos los proyectos que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero de la deforestación y la degradación forestal o de la degradación evitada de otros ecosistemas, y los proyectos que eliminan el dióxido de carbono mediante el secuestro de carbono (p. ej., reforestación, forestación, revegetación, restauración forestal, agrosilvicultura y agricultura sostenible) u otra gestión de la tierra, desde el diseño hasta la implementación y el seguimiento (CCBA, 2022).
- h) *Verified Emission Reductions* (VER+). Este estándar está basado en las metodologías de MDL e IC, y certifica la neutralidad de los créditos de carbono en proyectos de compensación voluntarios. Dicho estándar también incluye el Registro Azul, plataforma verificada por estándares como el CCX y el VCS (Hamilton *et al.*, 2008).

3.5. Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015

La Ley General de Cambio Climático (LGCC) establece entre sus objetivos la regulación de las emisiones de efecto invernadero para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera. Entre las atribuciones de la Federación está la formulación de políticas nacionales en materia de cambio climático y el diseño de instrumentos normativos, económicos, fiscales y de mercado para la realización de acciones dirigidas a la mitigación y adaptación del cambio climático (DOF, 2012).

En cumplimiento con la LGCC para garantizar el fortalecimiento de los mercados forestales de carbono en México, el 6 de junio de 2012 fue publicada la Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015 la cual “establece las especificaciones y los requisitos mínimos para obtener el registro de proyectos forestales de carbono y la certificación del incremento en los acervos de carbono generados por dichos proyectos”. La Norma es de cumplimiento voluntario y es aplicable dentro del territorio nacional a propietarios forestales bajo cualquier régimen de propiedad (ejidal, comunal, propiedad privada o federal) interesados en el desarrollo y obtención del registro de proyectos forestales de carbono y la certificación (DOF, 2015).

La Norma surge de la necesidad de contar con un marco de referencia basado en las buenas prácticas y en un proceso costo-efectivo que asegure la calidad de los créditos de carbono y que puedan adecuarse a las circunstancias y contexto nacional, ya que los registros de los proyectos forestales de carbono en México han sido implementados con estándares internacionales (DOF, 2015; Orta, 2018).

Las metodologías que deben emplearse para desarrollar los proyectos forestales de carbono deben ser aprobadas por CONAFOR, con el apoyo del INECC y de un Consejo Consultivo designado para dicho propósito. La finalidad de las metodologías es generar un marco de protocolos estandarizados que aseguren la consistencia técnica de los proyectos, y por lo tanto certidumbre de los créditos de carbono que generen a partir de estos proyectos (DOF, 2015). Sin embargo, no existen en México metodologías que hayan sido certificadas y verificadas a nivel nacional o internacional, y los intentos que se han llevado a cabo por contar con este tipo de instrumentos, como el Protocolo Forestal para México, versión 3.0, de la Climate Action Reserve, se han desarrollado en el contexto de otras iniciativas y estándares internacionales (por ejemplo, Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), Estándar de Carbono Verificado (VCS), entre otros) (Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR, 2019).

Además, la falta de instrumentos metodológicos que se adecuen al contexto nacional y a todas las actividades elegibles en la Norma, ha ocasionado que, a pesar de los esfuerzos para realizar el registro y certificación de proyectos forestales de carbono, estos hayan quedado en etapa de elaboración debido a la falta de protocolos específicos; por lo que aún no es posible registrar y certificar proyectos forestales nacionales bajo la NMX-AA-173-SCFI-2015 (Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR, 2019).

Según Orta (2018) la aplicación de la Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015 enfrenta varias dificultades en su implementación, en las que resaltan la falta de metodologías exclusivas para esta Norma, organismos capacitados que puedan realizar la verificación del proyecto y la adecuada difusión y promoción entre los propietarios forestales y actores involucrados.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el ejido Los Bancos, municipio de Pueblo Nuevo, Durango (Figura 2).

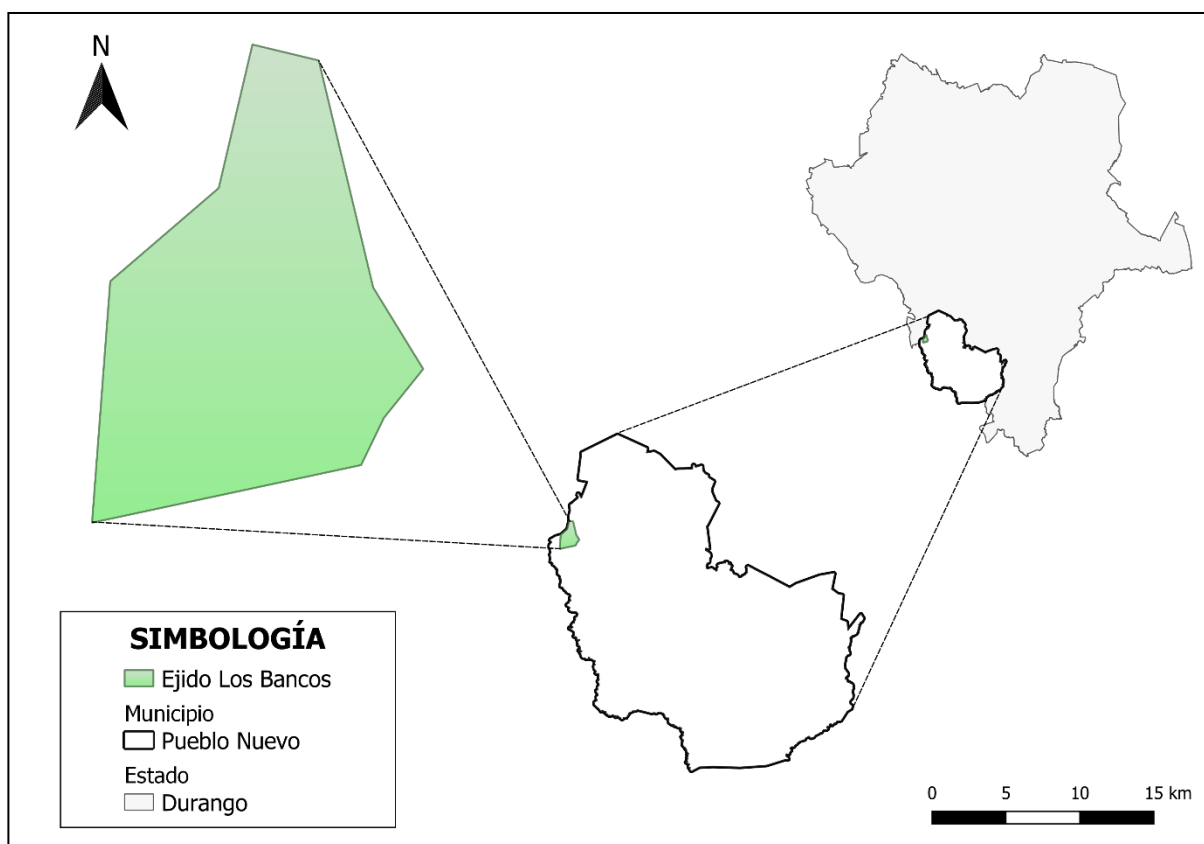


Figura 2. Localización del ejido Los Bancos en el contexto estatal.

4.1.1. Características del área de estudio

4.1.1.1. Clima

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2008), y según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1981), los climas presentes en el Ejido son clima semicálido subhúmedo (A)C(w2), semifrío

húmedo C(E)(m) y templado subhúmedo C(w2), siendo este último el de mayor representatividad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tipos de clima presentes en el ejido Los Bancos.

Clave	Descripción
C(w2)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C y temperatura del mes más caliente bajo 22 °C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.
(A)C(w2)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18 °C, temperatura del mes más frío menor de 18 °C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C. Precipitación del mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor a 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
C(E)(m)	Semifrío húmedo, temperatura media anual entre 5 y 12 °C, cuyo régimen de lluvia corresponde a todo el año o abundantes lluvias en verano.

4.1.1.2. Suelo

Los tipos de suelos presentes en el Ejido son regosol (Re+Lo+Be/2/L), Acrisol y ranker (U+Bh+Rd/2/L), los cuales se describen en el Cuadro 2 (INEGI, 2007).

Cuadro 2. Tipos de suelo presentes en ejido Los Bancos.

Clave	Unidad	Subunidad	Descripción
U+Bh+Rd/2/L	Ranker		Suelos de pendiente fuerte; se caracterizan por ser ácidos, con espesor menor a los 25 cm, color oscuro por el alto contenido de materia orgánica y porque descansan directamente sobre roca no carbonatada.
Re+Lo+Be/2/L	Regosol	éutrico	Suelo muy poco desarrollado y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen.
Ao+I/2/L	Acrisol	órtico	Suelo comúnmente muy ácido, que tiene un incremento de acumulación de arcilla en el subsuelo.

4.1.1.3. Vegetación

La comunidad vegetal más importante está compuesta por bosques mezclados con especies de los géneros *Pinus* y *Quercus*, además de algunas especies arbustivas, siendo el bosque de pino-encino el tipo de vegetación más representativo (González *et al.*, 2007).

4.2. Metodología

4.2.1. Revisión de literatura para el análisis de los estándares

La primera parte del análisis consistió en la revisión de metodologías, protocolos, estándares y prácticas internacionales para el registro de proyectos forestales de carbono (PFC) y la certificación de su adicionalidad. Esto incluyó el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), así como estándares del mercado voluntario de carbono, tales como Gold Standard (GS), Climate, Community and Biodiversity Standards (CCBS) y Methodology of Social Carbon (MSC), entre otros. Se revisaron, además, proyectos forestales de carbono en ejecución; información de corporaciones privadas, iniciativas nacionales, bancos de desarrollo e instituciones financieras internacionales que emplean algún mecanismo para compensar los impactos ambientales que no se pueden reducir.

El criterio utilizado para la selección de los estándares fue que el estándar estuviese vigente y que tuviera una contribución significativa en el contexto de los proyectos forestales de carbono, tanto regulados como voluntarios, tomando como base las disposiciones de la Norma. Además, se identificaron otros estudios, trabajos o informes que identificaran y describieran las similitudes entre estándares de carbono orientados a proyectos.

Se realizó una descripción de los estándares encontrados, para lo cual se recopiló la siguiente información: tipo de mercado (regulado, voluntario); metodología utilizada, tipo de proyecto, ecosistema, actividad elegible, ámbito de aplicación de la

metodología, número de proyectos registrados por estándar (país, región), beneficios obtenidos, autor y fecha, así como la identificación y evaluación de su aplicación para el contexto del sector forestal nacional y de los instrumentos metodológicos encontrados en la Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015.

4.2.2. Proceso de validación de las metodologías

En esta etapa se llevaron a cabo las pruebas de campo de las metodologías desarrolladas; para estas pruebas se seleccionó el ejido Los Bancos, el cual cuenta con un Proyecto de Carbono Forestal registrado bajo el Protocolo Forestal para México 2.0 de la Reserva de Acción Climática (ID CAR 1392). El área de actividad corresponde a una superficie de 3,024 ha en Manejo Forestal Mejorado y considera actividades de aprovechamiento forestal en anualidades establecidas en el Plan de Manejo Forestal 2016-2026. El proyecto forestal es válido por 30 años, con fecha de inicio considerada el 1° de diciembre del año 2018.

Posteriormente se aplicaron los instrumentos metodológicos desarrollados para comprobar el cumplimiento de todos los requisitos de la NMX-AA-173-SCFI-2015; la información del proyecto de CAR del ejido Los Bancos, fue utilizada para validar las metodologías desarrolladas bajo la Norma y comparar sus resultados, y así, evaluar su utilidad práctica y adaptabilidad para el registro y monitoreo de proyectos forestales de carbono en México; dicha información es de dominio público y puede consultarse en la página de Web de la Reserva.

Principio 1. Localización del proyecto y definición de actividades

Este principio consiste en la localización, extensión y alcance de las áreas del proyecto donde se realizarán las actividades de incremento en el acervo de carbono, las cuales deberán ser claramente definidas y descritas en la documentación del proyecto.

En el apartado 4.1 Requisitos previos de elegibilidad, el criterio 4.1.1 establece que el proyecto debe de estar localizado dentro del territorio nacional, en predios que contenga vegetación forestal o terrenos preferentemente forestales, y en el criterio 4.1.2 menciona que las actividades elegibles son aquellas forestales que resultan en un incremento en el carbono almacenado en biomasa aérea y subterránea, mantillo y suelo en el predio con respecto a la línea de base del proyecto. Serán elegibles bajo la presente Norma las actividades como forestación, reforestación, regeneración forestal, manejo forestal sustentable, conservación forestal y agroforestería, que incrementen el acervo de carbono con respecto a la línea de base.

4.2.2.1. Principio 2. Cuantificación técnicamente demostrable y conservadora de GEI

Este principio se basa en la cuantificación de las fuentes de emisiones o sumideros de carbono, la cuales deben ser realizadas utilizando metodologías aprobadas y en caso de incertidumbre, utilizar valores por defecto conservadores. Para esto se utilizó el “Manual de metodologías para la cuantificación y monitoreo de los acervos de carbono en proyectos de la Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015”, complemento de las especificaciones técnicas que se han desarrollado para dar cumplimiento a las evidencias de los siete principios de la Norma para medir, estimar y monitorear la evolución de los acervos de carbono como consecuencia de las actividades del proyecto.

De acuerdo con el Manual y de conformidad con lo dispuesto en las especificaciones técnicas del criterio 2.1 del Principio 2, todos los proyectos deben determinar su alcance identificando las fuentes y los reservorios que serán incluidos, tanto en el escenario de línea base como en el escenario del proyecto, a fin de poder contabilizar los beneficios climáticos del mismo.

Estimación preliminar de emisiones y absorciones

La especificación técnica *ET 2.1.1.3: Estimación preliminar de emisiones y absorciones*, establece que durante la etapa de diseño del proyecto forestal de carbono se deberá hacer una estimación de las emisiones y absorciones de carbono de todas las fuentes y sumideros que no fueron identificados como inexistentes o técnicamente inviables, tanto en el escenario de línea base como en el escenario con la intervención del proyecto, así como una estimación del incremento en los acervos de carbono resultante de un balance de las emisiones y absorciones de ambos escenarios.

Esta estimación se llevó a cabo siguiendo los procedimientos del *Cuadro A. Procedimiento para determinar el alcance del proyecto forestal de carbono* de Manual y el *Anexo 2.2.B Ejemplo de estimación preliminar de emisiones por fuente y absorciones por reservorio para determinar el alcance del proyecto*.

Los resultados de la aplicación de estas especificaciones técnicas quedaron registrados en los formatos respectivos (*Formato P2_01 Identificación y declaración de fuentes y sumideros inexistentes o técnicamente inviables*, *Formato P2_02 Resumen de emisiones por fuente y absorciones por sumidero estimadas durante el diseño del proyecto*, *Formato P2_03 Clasificación de emisiones por fuente y absorciones por sumidero del proyecto*, *Formato P2_04 Declaración de metodologías a utilizar por fuente, sumidero y actividad elegible*, *Formato P2_05 Descripción de las metodologías de cuantificación y monitoreo del carbono forestal* y *Formato P2_06 Declaración de parámetros*).

4.2.2.2. Absorciones por reservorio en el escenario de línea base

De acuerdo con las actividades elegibles para los PFC bajo la NMX-AA-173-SCFI-2015 para proyectos que manejen vegetación preexistente, es necesario estimar los contenidos de carbono en la fecha de inicio del proyecto (línea base), para ello se deben aplicar los procedimientos descritos en la sección 5.2 Procedimientos para el cálculo de absorciones por reservorio del Manual.

La captura de los datos de cada unidad de muestreo se realizó conforme a los formatos de registro del Anexo 5.2 Metadatos y uso de códigos para el llenado de formatos de campo, contenidos en los Anexos del manual de metodologías para la cuantificación y monitoreo de los acervos de carbono en proyectos de la Norma Mexicana NMX-AA 173-SCFI-2015 del Principio 2.

Procedimiento para el cálculo de emisiones y absorciones en el escenario de proyecto

Para el cálculo de emisiones y absorciones del proyecto se utilizó un diseño de muestro aleatorio simple con ayuda de una herramienta de SIG, estableciendo 25.23 m como parámetro mínimo de distanciamiento. Para determinar el tamaño de muestra necesario para dar cumplimiento al error máximo permitido, se realizó un premuestreo con 30 UM para posteriormente estimar el tamaño de muestra suficiente (Figura 3). En el Cuadro 3 se muestran las coordenadas UTM de cada uno de los sitios establecidos.

Las unidades de muestreo (UM) se delimitaron de forma circular con una superficie de 500 m² (12.615 m de radio) y subunidades de muestreo (SUM) concéntricas de 80 m² (5.04 m de radio) (Figura 4).

Cuadro 3. Coordenadas UTM de las Unidades de Muestreo (UM).

Sitio	Latitud	Longitud	Sitio	Latitud	Longitud
1	426743	2621100	16	424198	2616534
2	426589	2620454	17	425612	2614400
3	425887	2620178	18	424323	2615666
4	426126	2620008	19	423893	2615883
5	426259	2619665	20	423218	2616807
6	426526	2619336	21	424136	2614861
7	426759	2618913	22	423491	2615395
8	425026	2619316	23	422806	2615718
9	426007	2618029	24	423414	2615317
10	424811	2618112	25	423390	2615304
11	425552	2617589	26	423501	2614535
12	425280	2616599	27	424923	2615109
13	425495	2616057	28	425927	2615358

Sitio	Latitud	Longitud	Sitio	Latitud	Longitud
14	424088	2617155	29	423470	2616464
15	424641	2616429	30	422691	2615633

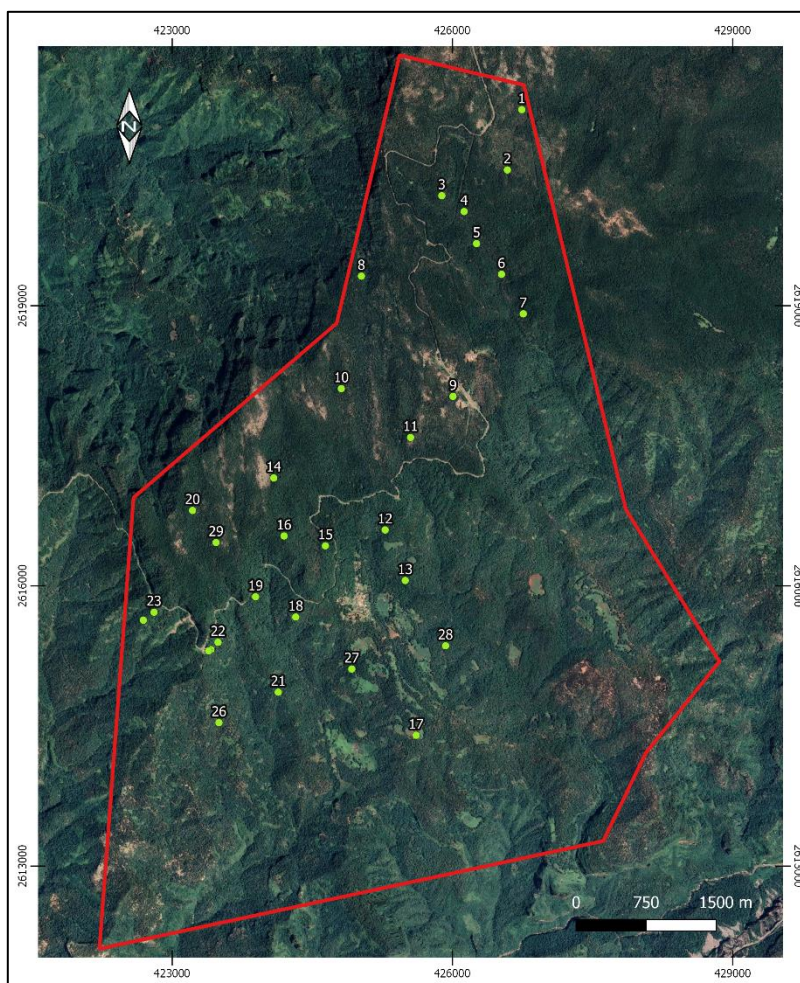


Figura 3. Ubicación de las Unidades de Muestreo (UM).

Los transectos para muestreo de material leñoso caído se ubicaron a 15 m de distancia horizontal respecto al centro de la UM, con orientación noreste (azimut 45°) (Figura 4). Para el cálculo de absorciones por reservorio (biomasa arbórea aérea, biomasa subterránea, mantillo, madera muerta y material leñoso caído) se utilizaron los procedimientos establecidos en el apartado 5.2 del Manual (Figuras 5-9).

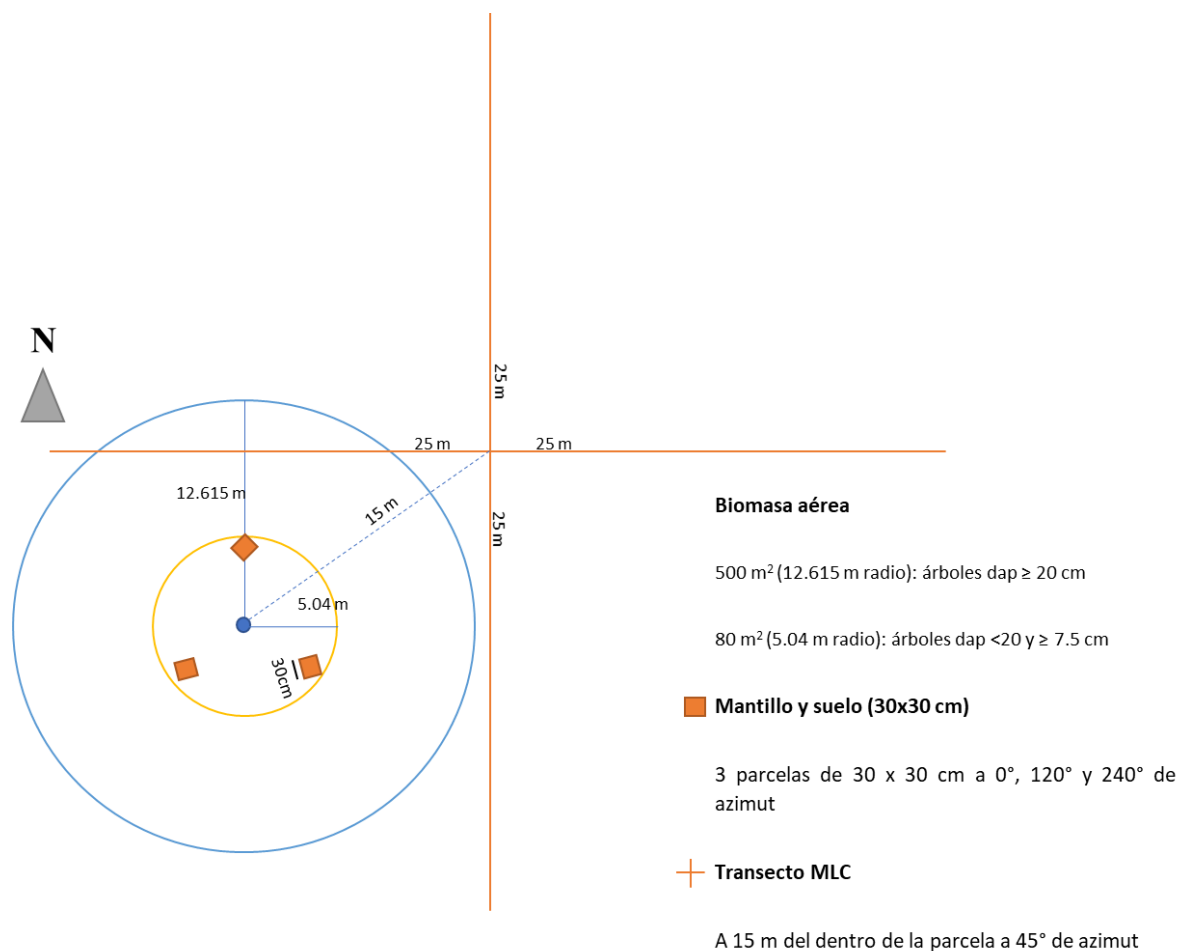


Figura 4. Unidad de muestreo para cuantificar reservorios de carbono del proyecto (Fuente: Manual de metodologías para la cuantificación y monitoreo de los acervos de carbono en proyectos de la Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015).



Figuras 5 y 6. Delimitación de Unidades de Muestreo.



Figuras 7 y 8. Medición de diámetro normal (izquierda) y altura total de los árboles dentro de la UM (derecha).



Figuras 8 y 9. Establecimiento de sitio de muestreo para mantillo (izquierda) y determinación de incremento (derecha).

- **Biomasa aérea**

Para la estimación de la biomasa se utilizaron los modelos ajustados por Vargas-Larreta *et al.* (2017), para los bosques templados del noroeste de México. Dichos modelos consideran los siguientes componentes de la biomasa: madera del tallo, corteza del tallo, ramas (incluyendo tanto madera como corteza) y follaje.

Cuadro 4. Parámetros estimados y estadísticas de bondad para las ecuaciones de biomasa para las especies de bosque templado en Durango, México.

Ecuaciones del componente de biomasa arbórea	
<i>Pinus cooperi</i>	<i>Juniperus depeanna</i>
$Ww = 0.031126 * d^{2.09355} * h^{0.768845}$	$Ww = 0.01289 * d^2 * h$
$Wb = 0.011361 * d^{1.676006} * h^{0.74627}$	$Wb = 0.000772 * d^2 * h$
$Wbr = 0.007965 * d^{1.599044} * h^{1.347388}$	$Wbr = 0.00204 * d^2 * h$
$Wf = 0.049925 * d^{1.122846} * h^{0.600293}$	$Wf = 0.00098 * d^2 * h$
$Wt = \sum W_i$	$Wt = \sum W_i$

Ecuaciones del componente de biomasa arbórea	
<i>P. durangensis</i>	<i>Arbutus xalapensis</i>
$Ww = 0.01204 * d^{1.76074} * h^{1.45047}$	$Ww = 0.06438 * d^{1.66448} * h^{0.86489}$
$Wb = 0.01706 * d^{1.37067} * h^{1.10922}$	$Wb = 0.00328 * d^{1.51833} * h^{0.95083}$
$Wbr = 0.14589 * d^{1.64608} * h^{0.41109}$	$Wbr = 0.02125 * d^{1.81216} * h^{0.8198}$
$Wf = 0.00301 * d^{1.50863} * h^{1.15013}$	$Wf = 0.00698 * d^{1.50325} * h^{0.84794}$
$Wt = \sum W_i$	$Wt = \sum W_i$
<i>P. engelmannii</i>	<i>Quercus sideroxyla</i>
$Ww = 0.09798 * d^{1.67370} * h^{1.02867}$	$Ww = 0.033462 * d^{1.739234} * h^{1.111268}$
$Wb = 0.037974 * d^{1.11488} * h^{0.88389}$	$Wb = 0.03022 * d^{1.66927} * h^{0.80238}$
$Wbr = 1.39092 * d^{1.25795} * h^{0.05199}$	$Wbr = 0.005154 * d^{1.92033} * h^{1.06618}$
$Wf = 0.069316 * d^{1.24804} * h^{0.34853}$	$Wf = 0.00092 * d^{1.57684} * h^{1.34236}$
$Wt = \sum W_i$	$Wt = \sum W_i$
<i>P. leiophylla</i>	<i>Q. rugosa</i>
$Ww = 0.015582 * d^2 * h$	$Ww = 0.01988 * d^{2.28684} * h^{0.52175}$
$Wb = 0.001074 * d^2 * h$	$Wb = 0.05621 * d^{2.0764}$
$Wbr = 0.007269 * d^2 * h$	$Wbr = 0.11276 * d^{1.52164} * h^{0.53343}$
$Wf = 0.000343 * d^2 * h$	$Wf = 0.0377 * d^{1.42193} * h^{0.70675}$
$Wt = \sum W_i$	$Wt = \sum W_i$
<i>P. herrerae</i>	<i>Q. crassifolia</i>
$Ww = 0.06741 * d^{2.520356}$	$Ww = 0.02542d * d^2 * h$
$Wb = 0.02468 * d^{1.98837}$	$Wb = 0.00305 * d^2 * h$
$Wbr = 0.05085 * d^{2.03574}$	$Wbr = 0.01113 * d^2 * h$
$Wf = 0.05437 * d^{1.64335}$	$Wf = 0.00165 * d^2 * h$
$Wt = \sum W_i$	$Wt = \sum W_i$
<i>P. strobiformis</i>	Todas las especies de pino
$Ww = 0.00716 * d^{2.02253} * h^{1.30938}$	$Ww = 0.0291 * d^{1.74165} * h^{1.16614}$
$Wb = 0.03088 * d^{1.10021} * h^{1.09925}$	$Wb = 0.02029 * d^{1.33299} * h^{0.92887}$
$Wbr = 0.01613 * d^{1.90578} * h^{0.70112}$	$Wbr = 0.02508 * d^{1.83773} * h^{0.54626}$
$Wf = 0.03886 * d^{1.53515} * h^{0.31776}$	$Wf = 0.05227 * d^{1.28231} * h^{0.43275}$
$Wt = \sum W_i$	$Wt = \sum W_i$
<i>P. lumholtzii</i>	Todas las especies de encino

Ecuaciones del componente de biomasa arbórea	
$Ww = 0.078527 * d^{2.5043}$	$Ww = 0.11618 * d^{1.77395} * h^{0.68708}$
$Wb = 0.022809 * d^{1.93859}$	$Wb = 0.00827 * d^{2.54589}$
$Wbr = 0.03461 * d^{2.1666}$	$Wbr = 0.0502 * d^{1.97638} * h^{0.34229}$
$Wf = 0.011642 * d^{2.16799}$	$Wf = 0.08234 * d^{1.59396}$
$Wt = \sum W_i$	$Wt = \sum W_i$
<i>P. douglasiana and P. michoacana</i>	
$Ww = 0.11997 * d^{2.34448}$	
$Wb = 0.03126 * d^{1.978201}$	
$Wbr = 0.014982 * d^{2.40887}$	
$Wf = 0.01168 * d^{2.148631}$	
$Wt = \sum W_i$	

Donde d = diámetro normal (cm), h = altura (m), Ww = biomasa del fuste (kg por árbol), Wb = biomasa de la corteza del fuste (kg por árbol), Wbr = biomasa de las ramas más corteza (kg por árbol), Wf = biomasa del follaje (hojas/acículas) (kg por árbol), Wt = biomasa total sobre el suelo (Ww + Wb + Wbr + Wf) (kg por árbol).

Para el caso de *Alnus acuminata* y *Abies neodurangensis* que no contaban con ecuaciones de biomasa, se utilizaron las ecuaciones del Sistema Biométrico Forestal (SiBiFor), con las cuales se estimó el volumen total árbol (fuste más ramas) eligiendo la ecuación más cercana geográficamente al proyecto:

$$V_{VTA} = \alpha_0 \times D^{\alpha_1} H^{\alpha_2} + \beta \times D^2$$

donde D=diámetro normal y H=altura.

La biomasa se obtuvo multiplicando el volumen total árbol (VTA) por la densidad de la madera promedio por especie. A continuación, se muestran los valores de densidad de la madera utilizados para las dos especies:

Cuadro 5. Valores de densidad de la madera.

Especie	Densidad (gr cm^{-3})
<i>Alnus acuminata</i>	380
<i>Abies neodurangensis</i>	430

En aquellos árboles con presencia evidente de daño en la parte alta, media o baja, se hizo una deducción en la biomasa (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentaje de deducción en la biomasa en caso de daño.

Parte del árbol	Deducción
Baja	60% biomasa total árbol x %Daño
Media	30% biomasa total árbol x %Daño
Alta	10% biomasa total árbol x %Daño

Posteriormente se estimó el carbono por individuo multiplicando la biomasa ajustada por la fracción de carbono de la especie o grupo de especies. Los valores de contenido de carbono promedio fueron obtenidos de Vargas-Larreta *et al.* (2017) (Cuadro 7). Para las especies no encontradas en el listado se utilizó un valor de 0.47 como fracción de carbono (IPCC, 2016).

Cuadro 7. Contenido promedio de carbono de los componentes arbóreos de las especies de pino y encino en los bosques templados de Durango, México.

Especie	Contenido de carbono
<i>Pinus cooperi</i>	0.489
<i>Pinus durangensis</i>	0.505
<i>Pinus engelmannii</i>	0.507
<i>Pinus leiophylla</i>	0.516
<i>Pinus herrerae</i>	0.512
<i>Pinus lumholtzii</i>	0.501
<i>Pinus strobiformis</i>	0.506
<i>Pinus douglasiana</i>	0.500
<i>Pinus michoacana</i>	0.491
<i>Juniperus deppeana</i>	0.487
<i>Quercus sideroxyla</i>	0.467
<i>Quercus rugosa</i>	0.438
<i>Quercus crassifolia</i>	0.445
<i>Arbutus xalapensis</i>	0.441

Para estimar el carbono (Mg ha^{-1}) se aplicó el factor de conversión a hectárea (125 y 20, para la parcela de 80 m^2 y 500 m^2 , respectivamente); el valor final de carbono por hectárea es igual a la suma de ambos.

Una vez obtenidos los valores estimados de biomasa y carbono para cada una de las UM incluidas en el inventario se utilizaron los estimadores del diseño de muestreo simple al azar:

a) Media poblacional:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

donde: $\bar{y}$ = media poblacional estimada (t ha^{-1} si se usa en valor expandido) para la población; n = número total de UM; y_i = biomasa o carbono de la i -ésima UM (t ha^{-1} si se usa en valor expandido).

b) Variabilidad y varianza muestral:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n}}{n - 1}$$

Dado que la selección de las UM corresponde a una selección de tipo aleatorio, la variabilidad se calcula de la siguiente manera:

c) Varianza de la muestra (varianza de la media):

$$S_y^2 = \frac{S^2}{n} \left(\frac{N - n}{N} \right)$$

donde: N es el marco de muestreo, es decir, el total de unidades de muestreo que componen la población.

d) Intervalo de confianza del estimador del promedio:

$$\bar{y} \pm t_{(1-\alpha,n)} \times \sqrt{S_y^2}$$

e) Error de muestreo:

$$\frac{t_{(1-\alpha,n)} \times \sqrt{S_y^2}}{\bar{y}} \times 100\%$$

Con un valor de $\alpha = 0.1$, el valor de $t_{(1-\alpha,n)}$ para un tamaño de 30 es de 1.69; sin embargo, se redondeó a 1.7 ya que este valor permite garantizar en muchos casos una confiabilidad mayor al 10%.

El tamaño de muestra se derivó a partir de las fórmulas del intervalo de confianza del apartado 5.1.1 del Manual. Finalmente, el valor de carbono (MgC ha^{-1}) se convierte a dióxido de carbono equivalente ($\text{Mg CO}_2\text{e}$), multiplicando el resultado de carbono por 3.667 (que resulta de dividir 44/12, donde 44 es el peso molecular del CO_2 y 12 es el peso molecular del carbono).

- **Biomasa subterránea**

Para la cuantificación de este reservorio se utilizó un coeficiente (R) para obtener la biomasa subterránea como una proporción de la biomasa aérea; este se calculó a nivel de proyecto. El valor de R utilizado fue 0.40.

- **Mantillo**

El muestreo se realizó de acuerdo con los pasos señalados en la sección 5.2.3 Mantillo del Manual; para la estimación del contenido de carbono en este componente se tomaron 21 muestras en 7 UM.

Los valores de fracción de carbono fueron tomados de los valores promedio reportados para la UMAFOR 1008.

Cuadro 8. Valores de fracción de carbono para la UMAFOR 1008.

Componente	Fracción de carbono
Hojarasca	47.66
Horizonte de fermentación	27.73

- **Madera muerta**

Este reservorio se cuantificó conforme a los procedimientos para la estimación de la biomasa aérea y aplicando las deducciones correspondientes a las clases de deterioro referidos en el apartado 5.2.4.1 *Árboles muertos en pie y tocones* del Manual.

Para los tocones se asumió una forma geométrica de cilindro utilizando el diámetro superior y la altura para estimar el volumen, y aplicando las mismas deducciones por deterioro del material leñoso caído.

- **Material leñoso caído**

La estimación de la biomasa en material leñoso caído (MLC) se obtuvo siguiendo las especificaciones técnicas del apartado 5.2.4.2 *Material leñoso caído*. Para el despeje de la ecuación de Van Wagner (1982) se utilizaron valores de densidad de la madera de 0.4 t m⁻³ para especies de pino y 0.6 t m⁻³ para especies de encino.

- **Carbono orgánico en el suelo**

Para su estimación se utilizaron los datos de las concentraciones promedio de C en los primeros 30 cm de suelo del bosque de pino-encino (BPQ), propuestas por Vargas-Larreta *et al.* (2023) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Concentración de carbono orgánico en el suelo para bosque de pino-encino.

Reservorio	Tipo de bosque	C (Mg ha ⁻¹)		
		Media	IC (95 %)	
			Inf	Sup
Suelo 0-30 cm	BPQ	119.59	99.12	140.07

4.2.2.3. Principio 3. Línea base y adicionalidad del proyecto

Consiste en el desarrollo de una línea base demostrable describiendo los usos de suelo, sumideros de carbono y fuentes de emisiones de GEI a fin de lograr una visión del estado inicial del proyecto de captura de carbono, y su evolución esperada durante el periodo de acreditación. La línea base hace referencia al tiempo cero al inicio del proyecto, y la NMX-173 lo define como *“El escenario hipotético en el que se describe lo que podría ocurrir con el acervo de carbono en el área del proyecto en un escenario sin el proyecto forestal de carbono”*; mientras que se considera que un proyecto es adicional si la captura de carbono (medible y cuantificable) es mayor a la que se produciría de no realizarse el proyecto. Para este apartado, se buscaron los antecedentes del cálculo de la línea base y adicionalidad del proyecto y se compararon con los obtenidos en campo.

4.2.2.4. Principio 4. Identificación y manejo de fugas

La Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015, define fugas como *“las variaciones netas de las emisiones antropogénicas (antrópicas) por fuentes de GEI que se producen fuera de los límites del proyecto forestal de carbono, pero que son atribuibles al proyecto”*. Es decir, las fugas ocurren cuando el proponente de un proyecto de captura de carbono tiene que desplazar su actividad económica (agrícola, pecuaria o silvícola) a otro predio cercano en el que estas actividades no se vean limitadas, y, en consecuencia, dañan la estructura arbórea y reduce los almacenes de carbono de dicho predio. La misma Norma mandata la identificación y definición de mecanismos que cuantifiquen ese tipo de emisiones con propósito de minimizarlas (mitigarlas) o evitarlas.

El proyecto debe identificar y describir todas las fuentes potenciales de fugas de GEI y la ubicación de las áreas donde las fugas pudieran ocurrir a raíz de las intervenciones del proyecto, por lo que se revisará que este cuente con dicha información y cumpla con lo establecido en este principio.

4.2.2.5. Principio 5. Salvaguardas sociales y ambientales

Este principio consiste en demostrar que las actividades propuestas del proyecto forestal de carbono tienen un potencial claro de generar beneficios cuantificables en términos de los servicios ambientales a través de actividades que incrementen el acervo de carbono en el predio del proyecto y que promuevan el fortalecimiento del capital social y desarrollo económico de las comunidades rurales.

El Principio 5 tiene cinco criterios relacionados con salvaguardas ambientales y siete criterios relacionados con las salvaguardas sociales; a su vez cada criterio tiene las evidencias que deben ser mostradas para acreditar su cumplimiento, tanto para la validación del proyecto como para la verificación del incremento de los stocks de carbono. Las salvaguardas sociales y ambientales se verificaron a través de revisión documental y entrevistas con personas de la comunidad.

4.2.2.6. Principio 6. Manejo de riesgos del proyecto y permanencia del incremento en el acervo de carbono

La Norma define permanencia como un requisito que establece que los GEI absorbidos por los proyectos forestales de carbono deben ser removidos, al menos durante el periodo de acreditación, de la atmósfera para ser registrados como créditos de carbono.

El periodo de acreditación es el tiempo durante el cual un proyecto forestal de carbono, registrado bajo las especificaciones de la Norma, puede obtener créditos de carbono forestal resultado del incremento en el acervo de carbono logrado a partir de las actividades del proyecto, y el cual comienza a partir de la fecha de inicio del proyecto y no debe exceder el tiempo de duración de este.

El proyecto debe contar con un manejo de riesgos de permanencia y del incremento en el acervo de carbono efectivo durante la planeación y operación del proyecto, mediante la identificación de estos y el establecimiento de las medidas diseñadas para mitigar dichos riesgos. Se verificaron los antecedentes del manejo de riesgos de

permanencia y de incremento de acervo de carbono y sus medidas de mitigación para posteriormente ser comparados con lo especificado en este principio.

4.2.2.7. Principio 7. Esquema de monitoreo robusto y verificación independiente

La Norma establece que el incremento en el acervo de carbono a partir de las actividades del proyecto debe ser monitoreado a lo largo de la duración del proyecto, con base a lo requerido en las metodologías aprobadas. Adicionalmente, el cumplimiento de la Norma para el proyecto y sus correspondientes beneficios climáticos, deben ser verificados a un nivel de aseguramiento razonable por una persona independiente acreditada ante una entidad de acreditación.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Revisión de literatura para el análisis de los estándares

Los siguientes cuadros son un resumen de las variables que representan criterios de selección para cada estándar analizado.

Cuadro 10. Análisis de aplicabilidad de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).

Aplicabilidad	
Estándar	Descripción
Gold Standard	Tipo de proyectos: energía renovable (incluidos los proyectos de quema de metano) y eficiencia energética. Escalas: gran escala y pequeña escala (de acuerdo con los criterios establecidos para proyectos en el MDL) y microescala, reducción de las emisiones anuales menores a 5000 MgCO₂e.
VSC	Tipo de proyectos: de reducción de emisiones de GEI, excepto aquellos que se hayan desarrollado deliberadamente para generar GEI con la intención de luego reducirlos o neutralizarlos. Escalas: micro proyectos (bajo 5000 tCO₂e año⁻¹), proyectos medios (5000 a 1 000 000 tCO₂e año⁻¹) y megaproyectos (más de 1 000 000 tCO₂e año⁻¹).
CAR	Tipo de proyectos: de reducción de emisiones de GEI que siguen protocolos que han sido desarrollados por la Reserva. Escalas: los criterios y condiciones pueden variar según el tipo de proyecto y se especifican en cada protocolo.
VER+	Tipo de proyectos: los definidos por el MDL. Escalas: no aplican proyectos mayores de 80 MW de capacidad instalada. Aplican los proyectos de aforestación y reforestación (A/R) y se deben ajustar a lo planteado por el MDL en cuanto a otros usos del suelo.
CCBS	Tipo de proyectos: puede ser aplicado a cualquier proyecto de carbono basado en la tierra: de conservación de bosques primarios y secundarios, reforestación y revegetación, plantaciones agroforestales, plantaciones de densificación,

Aplicabilidad	
Estándar	Descripción
	introducción de nuevas prácticas de cultivo, introducción de nuevas prácticas de producción de madera, reducción de labranza por medio de tierras de cultivo y otros. Escalas: no presenta restricciones respecto al tamaño del proyecto.
Plan Vivo	Tipo de proyectos: los proyectos de pequeña escala del sector de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (LULUCF) del MDL con énfasis en desarrollo sustentable y la mejoría de los medios de subsistencia rurales y los ecosistemas. Escalas: proyectos de 10 000 - 1 00 000 tCO ₂ e año ⁻¹ .
Social Carbon	Tipo de proyectos: secuestro de carbono. La aplicación de la metodología comienza con la aplicación de indicadores de sustentabilidad mediante diagnósticos. Las precisiones metodológicas se elaboran en conjunto con la comunidad afectada, para así establecer una línea de base en torno a los recursos de carbono, financieros, naturales y sociales. Escalas: no hay restricciones con relación al tamaño (contabilizando la cantidad de reducciones de CO ₂ anuales).

Cuadro 11. Análisis del alcance para cada uno de los estándares evaluados.

Alcance	
Estándar	Descripción
	AR-ACM0003: excluye todas las tierras que caen en humedales.
MDL	AR-AMS0007: proyectos de pequeña escala. Las categorías de tierra a incluir son: Praderas, Tierras agrícolas y Asentamientos a Tierras Forestales. No incluye humedales.
Gold Standard	Proyectos de forestación y deforestación.
VCS	Proyectos REDD+, ARR (forestación, reforestación y revegetación), WRC (Wetland restoration and conservation).
CAR	Proyectos de Reforestación, Sistemas Agroforestales y Sistemas Silvopastoriles, Manejo Forestal Mejorado, Restauración y Bosques Urbanos (Grandes y Pequeños).
VER+	Proyectos que califican como Implementación Conjunta (Joint Implementation)

Alcance	
Estándar	Descripción
	sin limitarse al estatus del país (Anexo I o No Anexo 1). Enfocado a actividades de forestación y reforestación.
Chicago Climate Exchange	Proyectos de Forestación y Reforestación, Proyectos Forestales Gestionados Sustentablemente.
GHG Protocol	Proyectos de cambio de uso de tierra para mejorar el almacenamiento de carbono.
Plan Vivo	Proyectos de forestación, reforestación, agroforestal, restauración forestal, deforestación evitada, conservación forestal. Deben generar servicios ambientales benéficos.
CCBS	Proyectos REDD+ y proyectos enfocados en el secuestro de carbono. Deben aportar beneficios netos positivos a la comunidad y biodiversidad.

Cuadro 12. Análisis del alcance geográfico para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).

Alcance geográfico	
Estándar	Descripción
Gold Standard	Los proyectos pueden estar situados en cualquier país, excepto en aquellos en donde los proyectos tienen límites máximos de emisiones de GEI.
VSC	No presenta limitaciones en cuanto a la localización de un proyecto.
CAR	Los proyectos son elegibles para ser registrados en los Estados Unidos, Canadá y México de acuerdo con los requisitos de elegibilidad especificados en cada protocolo.
VER+	No presenta limitaciones en cuanto a la localización de un proyecto.
CCBS	Los proyectos pueden ser desarrollados en cualquier parte del mundo.
Plan Vivo	No presenta limitaciones en cuanto a la localización de un proyecto.
Social Carbon	Lo que podría limitar geográficamente el uso del estándar es la aplicación de la metodología, ya que demanda un equipo especializado. Para estas situaciones, el estándar desarrolló un sistema de franquicias para la difusión de la aplicación de la metodología en otros países.

Cuadro 13. Análisis de los requisitos generales para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).

Requisitos generales	
Estándar	Descripción
Gold Standard	- El tipo de proyecto, la adicionalidad y el desarrollo sostenible deben abordarse en el diseño del proyecto. - La metodología de solicitud al GS se compone de dos etapas principales: la preevaluación en donde se ponen a prueba las condiciones mínimas de elegibilidad y la evaluación principal que confirma la elegibilidad del proyecto. - El monitoreo y verificación <i>ex-post</i> por una entidad independiente y la presentación de informes es necesaria para mantener el registro del proyecto. - Los proyectos deben usar una metodología aprobada por el MDL o una nueva metodología desarrollada para ser elegible para la inscripción en el Gold standard.
VSC	- Cuenta con un estándar y su respectiva guía de uso. - Presenta un estándar separado, especialmente elaborado para los proyectos AFOLU (siglas en inglés de Agricultura, Ganadería, Forestación y otros Usos del Suelo). - Los proyectos pueden usar las metodologías aprobadas del MDL.
CAR	- Los métodos para cuantificar las reducciones de emisiones deben ser conservadores para evitar exagerar los efectos de un proyecto. - Las reducciones de GEI deben ser adicionales a cualquiera que hubiera ocurrido en la ausencia de la Reserva de Acción Climática. - Las reducciones de GEI deben ser efectivamente "permanentes". - La verificación requiere la revisión por parte de terceros de los datos de monitoreo de un proyecto para garantizar que los datos estén completos y sean precisos.
VER+	- Propone un estándar global para proyectos de reducción de GEI basado en criterios propuestos por el MDL o el mecanismo de IC del Protocolo de Kioto. - Las metodologías para cada proyecto se basan en las aprobadas por la Junta Ejecutiva del MDL o del mecanismo de IC. - Los créditos retroactivos para un proyecto están limitados a 2 años atrás desde el día del comienzo de la validación del proyecto que los genera.
CCBS	- Proyectos de mitigación y bio-secuestro de carbono y de mitigación con énfasis

Requisitos generales	
Estándar	Descripción
	en beneficios sociales y ambientales. - Se permite trabajar con las Entidades Operacionales Designadas (EOD) aprobadas por el MDL o certificadas por el Consejo de Manejo Forestal. - Es estándar de diseño: si se quieren negociar los créditos generados se debe aplicar otro estándar que permita certificar y registrar las reducciones generadas. Es importante anotar que el CCBS no emite certificados de reducción de emisiones cuantificadas. - Se deben analizar los riesgos potenciales para medir y mitigar una posible “fuga” del carbono captado (importante para estándares que se enfocan en proyectos AFOLU).
Plan Vivo	Los proyectos deben ser acreditados por una autoridad de certificación internacional (como MDL e ISO).
Social Carbon	Permite la utilización de CER generados por el MDL y VER generados por el VCS.

Cuadro 14. Análisis de las condiciones para proyectos agrícolas, forestales y otros usos del suelo para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).

Condiciones para proyectos agrícolas, forestales y otros usos del suelo	
Estándar	Descripción
Gold Standard	No aplica. - Cuenta con un estándar especial para este tipo de proyectos. Todos los proyectos AFOLU están obligados a realizar evaluaciones del riesgo de no-permanencia. Los proyectos de reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD) y proyectos de manejo forestal requieren llevar a cabo una evaluación de fugas de mercado.
VSC	- Los resultados son validados por un verificador del VCS (y en algunas circunstancias sujeto a un doble proceso de aprobación de la VCS) y constituyen la base para los créditos de amortiguamiento. Estos créditos no son negociables y se mantienen en una cuenta para proyectos AFOLU para cubrir el riesgo de pérdidas imprevistas en el mercado de carbono. - Si posteriormente el riesgo del proyecto disminuye, estos créditos de amortiguamiento pueden ser otorgados y representan un incentivo al manejo

Condiciones para proyectos agrícolas, forestales y otros usos del suelo	
Estándar	Descripción
	efectivo de los riesgos.
CAR	- Cuenta con un protocolo forestal para México. - Bajo este protocolo, los proyectos reciben créditos según su desempeño en comparación con la línea de base y los créditos que se emiten al Dueño Forestal se ajustan para incluir el riesgo por reversiones. -El cumplimiento de los estándares de la Reserva asegura que las remociones de GEI asociadas con los proyectos sean reales, adicionales, y cumplan con criterios de permanencia, brindando confianza sobre los beneficios ambientales, credibilidad, y eficiencia en los mercados de carbono.
VER+	- Las reducciones de emisiones deben ser permanentes, por este motivo, en el caso de proyectos de uso de suelo que no demuestren una permanencia en términos concretos, se establecen condiciones especiales que aseguren la estabilidad del proyecto en el tiempo. Para esto se implementa una evaluación del riesgo de no-permanencia en el proceso de verificación. - Se plantea un amortiguamiento del 20% o más para asegurar pérdidas propias de proyectos de este tipo. - La verificación de los proyectos AFOLU no debe desarrollarse después de 5 años de la validación.
CCBS	Cuenta con diversas opciones para la generación de VER específicos para cada tipo de proyecto AFOLU. Los VER pueden crearse para cualquier proyecto de carbono basado en el uso del suelo, incluyendo proyectos que reducen las emisiones de GEI a través de REDD o proyectos que remueven el dióxido de carbono por medio del secuestro de carbono (reforestación, forestación, revegetación, restauración forestal, agrosilvicultura y agricultura sostenible).
Plan Vivo	- Sistema basado en la sustentabilidad, preservación de ecosistemas y subsistencia de las comunidades. - El plan vivo exige que todos sus proyectos ofrezcan beneficios adicionales para el medio ambiente local y la comunidad por medio del desarrollo sustentable de los sistemas de uso de la tierra, plantación de especies nativas y la promoción y mejoría de los medios de vida a través de la diversificación de las fuentes de ingresos.

Condiciones para proyectos agrícolas, forestales y otros usos del suelo	
Estándar	Descripción
Social Carbon	- Aplica a proyectos de A/R. - Cuenta con indicadores para proyectos forestales comunitarios.

Cuadro 15. Análisis de las condiciones de reservorios para cada uno de los estándares evaluados

Reservorios de carbono	
Estándar	Descripción
CDM	AR-ACM0003: biomasa aérea y subterránea, materia orgánica muerta y carbono orgánico del suelo son opcionales.
	AR-AMS0007: biomasa aérea y subterránea, materia orgánica muerta y carbono orgánico del suelo son opcionales.
Gold Standard	Los más relevantes para el proyecto.
VCS	Si hay cambios significativos en los reservorios, deben ser incluidos, incluyen biomasa aérea y subterránea, al igual que biomasa aérea no arbórea, también suelos minerales.
CAR	Biomasa aérea y subterránea y materia orgánica muerta en pie.
Chicago Climate Exchange	Biomasa aérea y subterránea, carbono orgánico del suelo, materia orgánica muerta, árboles muertos que siguen pie.
Plan Vivo	Aquellos que muestren cifras significativas.
CCBS	Biomasa aérea y subterránea.

Cuadro 16. Análisis de las metodologías cada uno de los estándares evaluados.

Metodologías	
Estándar	Descripción
CDM	AR-ACM0003: afforestation and reforestation of lands except wetlands. Large Scale.
	AR-AMS0007: afforestation and reforestation of lands except wetlands. Small Scale.
Gold Standard	The Gold Standard Methodology Approval Process Guideline for "Land Use & Forests". The Gold Standard Land Use & Forests Framework.

Metodologías	
Estándar	Descripción
VCS	VM0007: REDD+ Methodology Framework (REDD-MF).
CAR	Natural climate solutions: Mexico Forest.
VER+	VER+ A robust Standard for Verified Emission Reductions.
Chicago Climate Exchange	Chicago Climate Exchange. Forestry Carbon Sequestration. Project Protocol,
GHG Protocol	The GHG Protocol for Project Accounting.
Plan Vivo	The Plan Vivo Standard.
CCBS	Guidance for the Use of the CCB Standards.

Cuadro 17. Análisis para los cálculos de cada uno de los estándares evaluados.

Cálculos	
Estándar	Descripción
CDM	AR-ACM0003: remociones netas de GEI por los sumideros de la línea base, remociones netas de GEI por los sumideros actuales, emisiones de fugas, remociones netas antropogénicas de GEI por los sumideros.
	AR-AMS0007: remociones netas de GEI por los sumideros de la línea base, remociones netas de GEI por los sumideros actuales, emisiones de fugas, remociones netas antropogénicas de GEI por los sumideros.
Gold Standard	Emisiones de la línea base y del proyecto incluyen fugas.
VCS	Emisiones de línea base, proyectos, fugas y remociones generales y por actividades REDD, ARR y WRC. Cálculo de Unidades de Carbono Verificada.
CAR	Cuantificación del carbono en madera viva y muerta en pie del Área de Actividad, remociones netas de GEI por los acervos de carbono de la línea base, Efectos Primarios y Secundarios, CRTs para ser emitidos, cálculo de fugas, contribución al Fondo de Aseguramiento.
VER+	El cálculo de las reducciones de emisiones de GEI netas y de la absorción de un proyecto de reducción de emisiones puede basarse en cualquier enfoque metodológico razonable y conservador (independiente de la ubicación del proyecto).
CCE	Cambio neto actual de stocks de carbono.

Cálculos	
Estándar	Descripción
GHG Protocol	Toneladas de CO ₂ e secuestradas por hectárea cada año.
CCBS	Emisiones y remociones de GEI, fugas, estimaciones sin la implementación del proyecto.

Cuadro 18. Análisis de la adicionalidad para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).

Adicionalidad	
Estándar	Descripción
Gold Standard	Utiliza herramientas de adicionalidad aprobadas por la UNFCCC.
VSC	Cuenta con tres metodologías distintas: - Metodología desde las características del proyecto, similar a las metodologías empleadas en el MDL. - Metodología basada en el desempeño del proyecto. - Metodología según las características tecnológicas empleadas.
VER+	Se basa en las metodologías planteadas en las pruebas de adicionalidad del MDL: - La identificación de escenarios alternativos. - Análisis financiero (si aplica). - Análisis de barreras. - Análisis de práctica común.
CAR	- La metodología se basa en las siguientes pruebas de adicionalidad: - Prueba de requisitos legales. - Prueba del estándar del desempeño.
CCBS	- Metodología basada en el proyecto, considerando lo siguiente: - El ámbito regulatorio en donde se desarrolla el proyecto. - Las barreras financieras e institucionales.
Plan Vivo	- La adicionalidad es demostrada de la misma forma que en el MDL. - Se hace un análisis de barreras en la ejecución de las actividades en ausencia del proyecto, tales como la falta de financiamiento, conocimientos

Adicionalidad	
Estándar	Descripción
	técnicos, capacidad institucional o políticas prohibitivas y/o entornos culturales.
Social Carbon	Depende del estándar con el cual se está trabajando en conjunto.

Cuadro 19. Análisis de la línea base para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).

Línea base	
Estándar	Descripción
Gold Standard	Deben utilizar las metodologías aprobadas, y la opción dentro de esta metodología debe ser tal que las emisiones de línea base resulten las más bajas. Las metodologías deben ser aprobadas por la UNFCCC.
VSC	Considera metodologías propuestas por el MDL y las provenientes del Registro de la Acción de Climática de California (California Action Registry).
CAR	La línea de base de cualquier Proyecto Forestal registrado con la Reserva es válida por 30 años y se determina para cada Área de Actividad. El protocolo permite que se incluyan nuevas Áreas de Actividad al Área de Proyecto una vez iniciado el proyecto.
VER+	Metodologías aprobadas por la Junta Ejecutiva del MDL o, en segundo lugar, metodologías aplicadas en el mecanismo de IC.
CCBS	Metodologías utilizadas por otros estándares; por ejemplo, para estimar el cambio neto en el stock de carbono se acepta la metodología del IPCC “Good Practice Guidance” y cualquier metodología MDL. Las guías de buenas prácticas describen metodologías y prácticas para realizar inventarios nacionales de GEI.
Plan Vivo	El potencial de secuestro de carbono, para la venta <i>ex-ante</i> de los créditos, se calcula sobre una base por hectárea durante un determinado periodo de tiempo, utilizando la información sobre el régimen de manejo, las condiciones de cultivo, especies propuestas, las tasas de crecimiento y la densidad de plantación del proyecto.

Línea base	
Estándar	Descripción
Social Carbon	- Depende del estándar seleccionado. - Diagnóstico inicial: se establece la línea base para determinar el “punto cero”. - Para proyectos forestales MDL, CCBS. - Para proyectos REDD se utiliza la metodología del Banco Mundial.

Cuadro 20. Análisis de la doble contabilidad para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).

Doble contabilidad	
Estándar	Descripción
Gold Standard	Los proponentes de proyectos deben proporcionar una clara demostración de que no hay doble contabilidad.
VSC	- El sistema de registro otorga un número de serie para cada proyecto y los almacena en una base de datos. - Para minimizar los riesgos de una doble contabilidad, los proyectos deben presentar una carta de confirmación que señale el estado actual de las VCU, tanto de su registro como transacción o retiro.
CAR	- El protocolo asume que todos aquellos créditos obtenidos por la reducción de la deforestación (emisiones evitadas) se asignarán a nivel jurisdiccional y que los créditos tenidos por el aumento de acervos serán asignados al Dueño Forestal. Esto crea dos campos separados de acreditación, evitando así problemas de contabilidad.
VER+	- Un proyecto que origina créditos aplica para VER+ durante un periodo acreditado, siendo estas reducciones de emisiones sólo legitimadas dentro del estándar; si un proyecto durante dicho periodo implementa cualquier otro tipo de régimen de créditos ambientales, este nuevo régimen no aplica a VER+. - Aquellas emisiones que no son producidas de forma directa por el proyecto, o que están incluidas en otro esquema, serán excluidas de la cuantificación de VER+. - Luego de la validación del proyecto, éste es registrado en el “blue registry”.
CCBS	No disponible.

Doble contabilidad	
Estándar	Descripción
Plan Vivo	Se prevé, ya que la venta de certificados pasa directamente por la Fundación Plan Vivo, quien supervisa anualmente la venta de los bonos, en conjunto con las comunidades rurales y los desarrolladores. Cada certificado tiene un código de serie, el cual se almacena en un registro central.
Social Carbon	Comprueba que las emisiones verificadas no se encuentren en ningún otro sistema de registro; a cada crédito se le asigna un número de serie único.

Cuadro 21. Análisis de las salvaguardias sociales y ambientales para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).

Salvaguardas sociales y ambientales	
Estándar	Descripción
Gold Standard	- Requerimientos ambientales: se deben demostrar los beneficios ambientales. Los impactos negativos que no puedan ser mitigados llevan a la descalificación del proyecto. - Requerimientos sociales: el proyecto debe demostrar beneficios de desarrollo social, económico o técnico. Los principales impactos negativos que no puedan ser mitigados llevan a la descalificación del proyecto.
VSC	- Sólo requiere el cumplimiento de las leyes locales relativas al medioambiente. - El VCS no presenta una exigencia formal para que los proyectos generen co-beneficios.
CAR	- Los requisitos de las salvaguardas sociales para ejidos y comunidades incluyen: Consentimiento Previo, Libre e Informado, Consentimiento Previo, Libre e Informado y Consentimiento Previo, Libre e Informado. - Requerimientos ambientales: Mantenimiento de los acervos de carbono, obtención de especies nativas, composición de especies nativas, mantenimiento de la cobertura forestal, prácticas de aprovechamiento sustentables, mantenimiento de la cobertura de suelo natural, prohibición de disturbio del suelo durante la preparación del sitio para plantar árboles.
VER+	- Los impactos negativos deben ser mitigados y ser documentados y analizados en el PDD.
CCBS	- Provee de un listado de impactos que el proyecto no puede generar.

Salvaguardas sociales y ambientales	
Estándar	Descripción
	- Los impactos reconocidos no pueden afectar las especies amenazadas e incluidas en un listado internacional (IUCN Red List) o en el listado del país en donde se desarrolla el proyecto. - Protege aquellos proyectos que utilicen especies nativas y no aplica a especies invasivas o genéticamente modificadas. - Identifica proyectos basados en la tierra, diseñados para generar reducciones robustas y confiables de GEI, a la vez que también generan beneficios netos positivos a las comunidades locales y la biodiversidad. - Se deben mitigar los impactos provocados a la comunidad y se le debe involucrar en todo el proceso del proyecto.
Plan Vivo	- Proyectos que generen co-beneficios en sus comunidades y exige la demostración del cumplimiento de las leyes ambientales locales e internacionales. - El coordinador del proyecto debe ser una organización no gubernamental (ONG) de base comunitaria, con fuertes vínculos con los grupos locales y, de ser posible, tener una experiencia de trabajo con las comunidades destinatarias.
Social Carbon	- Sistema participativo y transparente de construcción de indicadores de sustentabilidad y monitoreo para los proyectos.

Cuadro 22. Análisis de la verificación y monitoreo para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).

Verificación y monitoreo	
Estándar	Descripción
Gold Standard	El informe de monitoreo debe contener: - Los resultados de la certificación de la compensación de emisiones y contribución al desarrollo sostenible deben ser presentados en los informes de monitoreo que son verificados por una EOD. - El programa del monitoreo del PDD. - Una tabla con los parámetros que requieren ser monitoreados. - Comentarios sobre el proceso de monitoreo utilizado. - Una tabla con el estado actual de los parámetros.

Verificación y monitoreo	
Estándar	Descripción
	- La puntuación de sus indicadores en comparación con el indicador de línea base de su situación.
VSC	Se requiere que se utilice el protocolo de monitoreo de reducción de emisiones más recientemente aprobado por la Junta Ejecutiva de la convención de cambio climático o el comité supervisor de IC de acuerdo con el tipo de proyecto.
CAR	Todos los Proyectos Forestales deberán de completar la verificación inicial y todas las verificaciones subsecuentes dentro de los primeros 12 meses al finalizar el(los) Periodo(s) de Reporte en el cual se sometió el Reporte de Proyecto a ser verificado. El Dueño Forestal es responsable de seleccionar un solo organismo verificador para un año o conjunto de años. Se requiere una verificación en intervalos específicos para garantizar el monitoreo continuo de los acervos de carbono forestal, la confianza en el inventario y el cumplimiento de las salvaguardas sociales y ambientales.
VER+	Metodologías aprobadas por la JE del MDL o metodologías aprobadas para el mecanismo de IC del PK.
CCBS	Los proyectos deben ser verificados y monitoreados cada 5 años, con base a: - Revisión de documentos. - Visita al lugar de operación del proyecto por parte de los auditores. - El monitoreo de los resultados y de cualquier cambio en el diseño del proyecto.
Plan Vivo	- No requiere de terceras partes para realizar una verificación, pero dispone de procedimientos para ayudar en la preparación de proyectos y para la elección de un verificador. - Se espera a futuro un mayor número de requisitos y normas específicas de verificación.
Social Carbon	No disponible.

Cuadro 23. Análisis de la verificación y monitoreo para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).

Validación y registro	
Estándar	Descripción
Gold Standard	Las reducciones GS VER son emitidas directamente por el Gold Standard después de su verificación. Los ciclos para obtener la certificación pueden ser: ciclo regular o ciclo retroactivo (proyectos que pretenden registrarse en el Gold Standard después de la fecha de inicio de la construcción o ejecución).
VSC	El proceso de registro consta de seis pasos: 1. Presentar la descripción del proyecto, plan y reporte de monitoreo, “proof of title” y reporte de validación. 2. El proponente del proyecto presenta el documento de diseño del proyecto VCS. 3. El operador de registro revisa la información entregada y se asegura de que sean documentos originales y auténticos. 4. La asociación del VCS verifica que los créditos no se hayan registrado bajo otro programa. 5. El registro del VCS deposita los documentos de validación originales en un sitio electrónico seguro. 6. Finalmente emite las VCU en la cuenta del proponente del proyecto.
CAR	- Todos los Proyectos Forestales deberán tener la verificación inicial dentro de los 36 meses posteriores después de la fecha de inicio del proyecto. - Después de la verificación inicial de un Proyecto Forestal, las verificaciones completas posteriores deben evaluar y garantizar la precisión en las técnicas de medición y monitoreo, y las prácticas de mantenimiento de los registros. - Los Proyectos Forestales con múltiples Áreas de Actividad de diferentes actividades pueden tener diferentes requisitos para las distintas actividades. - Los verificadores deben repetir los cálculos de las existencias de carbono del periodo de reporte utilizando los datos del Área de Actividad en una versión independiente de CALCBOSK.
VER+	- La documentación del proyecto debe presentarse según la última versión del PDD, actualizada por la Junta Ejecutiva del MDL.

Validación y registro	
Estándar	Descripción
CCBS	- Luego de la validación del proyecto, este es registrado en el “blue registry”. - Los proyectos que están bajo registro del MDL pueden aplicar a una verificación por parte de VER+ por el período previo antes del registro en dicho esquema, sólo si sus reducciones se producen previamente a la fecha de registro del MDL, según las directrices del MDL.
	- Un auditor autorizado se encarga de validar el proyecto: revisa la documentación, realiza una visita de campo y se comprometen 21 días para recibir comentarios de la comunidad. Luego, el auditor aprueba o rechaza el Proyecto. - La verificación no incluye una certificación cuantitativa de los beneficios; sin embargo, una evaluación cualitativa confirma los beneficios sociales y ambientales del proyecto. - El uso del CCBS requiere que auditores independientes y acreditados determinen la conformidad con los estándares CCB en dos fases, validación y verificación. - La validación CCB es una evaluación del diseño de un proyecto de carbono basado en la tierra, contra cada uno de los criterios del CCBS. - La verificación CCB es una evaluación de la entrega por parte del proyecto de beneficios netos de clima, comunidad y biodiversidad contra el diseño validado del proyecto y el plan de monitoreo. La verificación debe ser realizada al menos cada cinco años. - Debido a que el CCBS corresponde a un estándar de diseño de proyecto, no presenta registro acreditado para sus compensaciones. - Estándar de diseño de proyecto. El CCBS provee reglas y orientación para promover el diseño efectivo e integrado del proyecto. - Los estándares pueden ser aplicados tempranamente durante la fase de diseño para validar los proyectos que han sido bien diseñados, son adecuados para las condiciones locales y que probablemente alcancen beneficios significativos de clima, comunidad y biodiversidad. - La validación ayuda a construir apoyo para el proyecto en una fase crucial y atraer financiamiento u otra asistencia de actores claves, incluyendo inversionistas, gobiernos y otros importantes socios locales, nacionales e

Validación y registro	
Estándar	Descripción
	internacionales.
Plan Vivo	Realiza un estudio teórico sobre la viabilidad del proyecto a largo plazo. Se incluye una descripción del área del proyecto, actividades y objetivos de desarrollo sustentable en consulta con las comunidades.
Social Carbon	- Indicadores de sustentabilidad: se deben utilizar los disponibles en el país anfitrión. - Validación del proyecto: proceso desarrollado por una tercera parte. - Aprobación del proyecto: por un equipo técnico mediante el registro del Social Carbon. - Actividades de desarrollo enfocadas en la sustentabilidad. - Monitoreo: utilizando metodologías propias del Social Carbon de forma anual. - Verificación: desarrollada por una tercera parte de las que emiten los VER. - Registro: VER dentro del registro del Social Carbon.

Cuadro 24. Análisis del período de acreditación para cada uno de los estándares evaluados (Tomado de Samayoa y Sosa, 2011).

Periodo de acreditación	
Estándar	Descripción
Gold Standard	- La fecha de inicio de del proyecto es cuando se inicia cualquier actividad de infraestructura o instalación de hardware cubierto por el presupuesto del proyecto. - Periodo de acreditación: los proyectos que generan reducciones de emisiones son elegibles para reclamar las VER por no más de un período de 7 años, que puede renovarse dos veces, para un total de 21 años, o un único período de 10 años, de conformidad con la norma permisible de la UNFCCC.
VSC	- La fecha de inicio del proyecto se define como la fecha del cierre financiero, orden de equipamiento, permiso de construcción o el comienzo de la construcción. Después de esto se cuenta con 12 meses para presentar la validación a una EOD, presentar una nueva metodología o una carta que señale que se está esperando la aprobación de una nueva metodología.

Periodo de acreditación	
Estándar	Descripción
	- El periodo de acreditación es de 10 años, con la posibilidad de renovarlo tres veces.
CAR	- El Proyecto Forestal registrado será elegible para recibir CRTs por remociones de GEI cuantificadas bajo este protocolo, y verificadas por un organismo verificador aprobado por la Reserva, por un periodo de 30 años después de la fecha de inicio del proyecto.
VER+	- La fecha de inicio más temprana para las actividades de proyecto es el 1 de enero de 2005. Si el proyecto comienza antes de la validación se deberá demostrar alguna evidencia de que el financiamiento de parte de los créditos fue seriamente considerado en los comienzos de la gestación del proyecto. El período de acreditación: - Termina con el último período acordado bajo el esquema de la UNFCCC (31 de diciembre de 2012). - La suma de los períodos de acreditación no puede ser mayor a 25 años para los proyectos de reducción de emisiones y 50 años para los proyectos de secuestro de carbono.
CCBS	- El estándar no estipula restricciones en la fecha de inicio del proyecto, pero debe acreditar una línea base desde el momento en que se considera la reducción de emisiones de GEI generadas por el proyecto.
Plan Vivo	- No existe restricción para la fecha de inicio. - El periodo de acreditación varía de un proyecto a otro. Los agricultores y comunidades son reembolsados por las actividades de secuestro entre 5-15 años, pero los beneficios del secuestro de carbono se calculan por un tiempo mucho más largo (de 100 hasta 150 años).
Social Carbon	Varía de conformidad con el estándar adicional utilizado.

5.2. Validación de las metodologías

5.2.1. Principio 1. Localización del proyecto y definición de actividades

5.2.1.1. Declaración del tipo de Proyecto Forestal de Carbono

El ejido forestal Los Bancos cuenta con una superficie de 3,704-43 ha, según lo establece el acta de asamblea realizada el 18 de marzo de 1995, en la cual se estableció la delimitación, destino y asignación de las tierras ejidales de uso común, asentamiento humano o reconocimiento de derechos ejidales, según especifica su acta constitutiva, reconociendo a 44 beneficiarios.

La propiedad del proyecto es de carácter social, del orden ejidal inscrito en el Registro Agrario Nacional (RAN) con el folio matriz 10TM00000243, y ejerce actos de dominio pleno sobre su superficie, por lo que se define como un proyecto del tipo TIP1. Proyectos no agrupados.

Para la declaración del tipo de proyecto al que corresponde, se llenó el *Formato P1_01 Tipo de proyecto, proponente y propietarios*, lo cual cumple con lo solicitado en el numeral 4.3.4.1.1 de la Norma.

5.2.1.2. Requisitos que deben cumplir las relaciones de representación, coordinación, asesoría técnica y comerciales que participen en un PFC

El C. Álvaro René Rivera Jaramillo, de la organización Asesoría y Gestión Ambiental (AGESA), fue elegido Desarrollador del Proyecto. El nombramiento se encuentra establecido en el punto sexto del acta de asamblea llevada a cabo el 7 de diciembre de 2019, en dicha asamblea se eligió Coordinador del Proyecto ante la Reserva de Acción Climática al C. José Luis Cabrales Sanchez, Presidente del Comisariado Ejidal quien posteriormente fue sustituido por el C. José Miguel Hernández García.

Dicha información cumple con lo especificado en el apartado 4.1.6 *Coordinador del proyecto* y los criterios 5.9 y 5.10 del *Apéndice Normativo A* de la Norma.

5.2.1.3. Identificación de proponentes, propietarios, predios y áreas de actividad que integran el proyecto forestal de carbono (PFC)

Para el cumplimiento de esta especificación técnica se llenaron los formatos *P1_01 Tipo de proyecto, proponente y propietarios*, *P1_02 Propietarios forestales*, *P1_03 Predios* y *P1_04 Áreas del proyecto*, en cumplimiento de las especificaciones 4.1.1 Localización del proyecto, 4.1.2 Actividades elegibles, 4.3.4 *Descripción del proyecto* y 5.5.2 *Documentación del expediente básico de la Norma*.

5.2.1.4. Georreferenciación del límite del predio

La ubicación geográfica del área del proyecto se encuentra en el ejido Los Bancos, municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México (Figura 3).

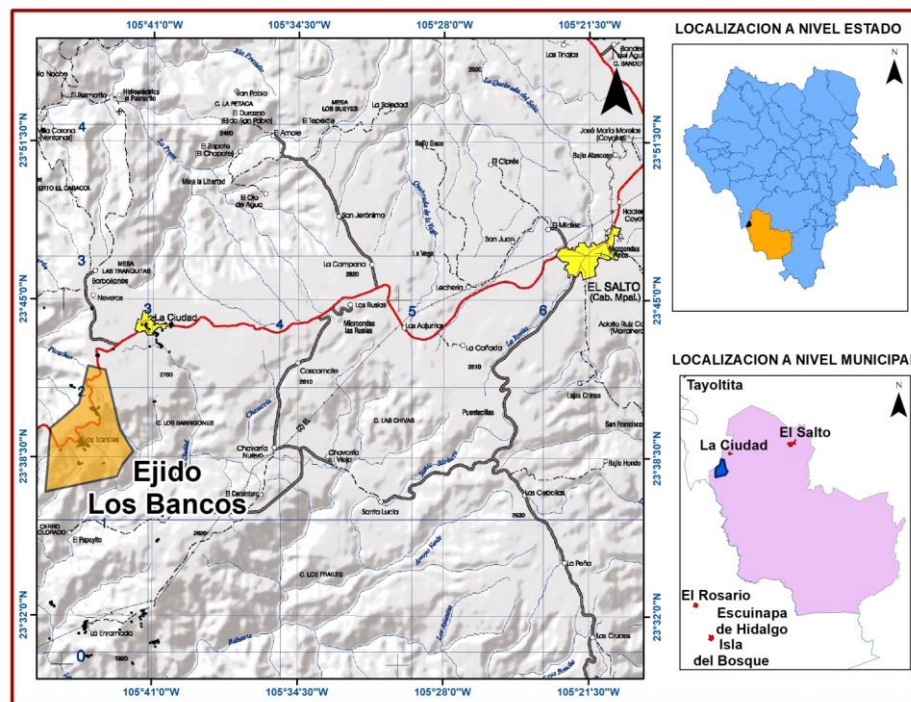


Figura 6. Localización del proyecto elaborado por desarrollador del proyecto CAR 1392.

El anexo 5 muestra los campos que deberán contener las tablas de atributos del proyecto, esto en conformidad con los criterios 1.1 del Apéndice Normativo A de la Norma.

5.2.1.5. Georreferenciación de las áreas del proyecto

El proyecto CAR 1392 establece una superficie de 3,024 ha en Plan de Manejo Forestal Mejorado (Manejo Forestal Sustentable de acuerdo con la Norma) con actividades de aprovechamiento forestal en anualidades establecidas en el Plan de Manejo Forestal 2016-2026.

No se encontraron archivos tipo *shapefile*, ni información que detallara el procedimiento para la obtención del polígono de las áreas de actividad. Sin embargo, el anexo 6 muestra los campos que deberán contener las tablas de atributos de cada área del proyecto, esto en conformidad con lo especificado en el apartado 4.3.4.1.5 de la Norma.

5.2.1.6. Descripción geográfica de las áreas del proyecto

Según el Reporte de Proyecto del Ejido, la composición florística de la zona de estudio está compuesta por bosques mezclados con especies de los géneros *Pinus* y *Quercus*, además de algunas especies arbustivas. Esta comunidad es la que ocupa la mayor parte de la superficie forestal de las partes superiores de los sistemas montañosos del estado de Durango. La pendiente de la zona es abrupta y la altitud va desde los 1,800 hasta los 2,700 m.

El ejido Los Bancos se encuentra certificado por el Forest Stewardship Council (FSC), con lo que se garantiza que el bosque se está manejando de manera sostenible, cumpliendo con la conservación de la diversidad biológica, así como los beneficios económicos a la comunidad y a los trabajadores locales; del mismo modo se asegura la viabilidad económica de la actividad forestal. El número de expediente es el RA-FM/COC-007137.

No obstante, no se encontró información detallada de los elementos biofísicos, sociales y ambientales que se consideren relevantes en términos de sus implicaciones y afectaciones a las densidades (acervos) de carbono del área del proyecto, ni la referente a las condiciones que contribuyen a la acreditación de la adicionalidad del proyecto, tal como la vulnerabilidad al cambio climático, como lo pide el ET 1.1.2.1 y el *Formato P1_04 Áreas de actividad*.

5.2.1.7. Descripción clara de las actividades del proyecto

La clasificación de las actividades que aumentan los acervos de carbono de acuerdo con el ET 1.2.1.1 es de actividades estandarizadas. Para la validación de las metodologías de la Norma se utilizó el paquete tecnológico Sistema de Contabilidad de Carbono (Aplicación informática SiCC–NMX 1.0) del Instituto Tecnológico de El Salto.

5.2.1.8. Elegibilidad de las actividades

El proyecto forestal del ejido Los Bancos presenta áreas de actividad de Manejo Forestal Mejorado (Manejo Forestal Sustentable bajo la Norma) una superficie de 3,024.00 ha bajo las actividades de Aprovechamiento forestal en anualidades establecidas en el Plan de Manejo Forestal 2016-2026 y Clasificación y cuantificación de superficies del predio.

5.2.1.9. Identificación del tipo de propiedad del predio o predios

**participantes y documento que se entrega para acreditar la
legal propiedad del predio(s)**

Para demostrar la legal propiedad del predio se revisó la carpeta básica con la resolución presidencia que da origen al Ejido, actas de posición y deslinde, plano definitivo y definitivo y el Acta de delimitación, destino y asignación de tierras ejidales (ADDATE), además se llenó el formato *P1_03 Predios*. Dicho formato cumple con lo solicitado en el numeral *4.1.3 Derecho a la propiedad del predio* de la Norma.

5.2.1.10. Propiedad del carbono fijado

Se revisó en la plataforma de la Reserva la Declaración de propiedad firmada el 17 de mayo de 2020 por el desarrollador del proyecto, en donde se indica que el dueño forestal tiene el derecho de propiedad exclusivo sobre las remociones de GEI generadas por el Proyecto Forestal durante el periodo de verificación correspondiente.

5.2.1.11. Cumplimiento de la legislación y la normatividad

En cuanto al cumplimiento de la legislación y normatividad, el Ejido cuenta con un Plan de Manejo Forestal autorizado por el oficio No. SG/130.2.2.2/001423/16 de fecha 02 de agosto de 2016, el cual prescribe un sistema de manejo mixto, esto es, utiliza el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) para bosque regular, y el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) con un turno técnico de 60 años, ciclo de corta de 10 años y vigencia hasta el 2026.

Las declaraciones de cumplimiento regulatorio mencionan que durante las fechas indicadas (1 de diciembre del año 2018 al 30 de noviembre del año 2021) el proyecto estuvo en cumplimiento con todas las leyes, estatutos, reglamentos o normas relevantes para las actividades del proyecto.

Se llenó el Formato *P1_03 Predios sección 3. Cumplimiento de la legislación y normatividad vigentes aplicables a las actividades del proyecto*, donde se menciona lo estipulado en el apartado 4.1.4 Cumplimiento con la legislación y normatividad vigentes, 4.3.6 Salvaguardas ambientales y los criterios 1.1, 1.3, 1.4, 1.7, 5.1 y 5.4 del Apéndice Normativo A, y 1.3 del Apéndice Normativo B de la Norma.

Además, mediante el oficio con fecha 19 de febrero de 2020 se menciona bajo protesta de decir verdad, que el ejido Los Bancos se encuentra libre de cualquier conflicto legal o agrario que limite el derecho que ostenta el Ejido sobre la superficie total de 3,704-43-85.283 ha.

Se llenó el Formato *P1_04 Áreas de actividad*, en la sección 1. *Evaluación de la elegibilidad del área*, donde se afirma que el área de actividad tiene estabilidad en los

límites y está ausente de conflictos por linderos con otras propiedades, cumpliendo con el *criterio 5.7 del Apéndice Normativo A* y el *criterio 5.3 del Apéndice Normativo B* de la Norma.

5.2.2. Principio 2. Cuantificación técnicamente demostrable y conservadora de GEI

5.2.2.1. Declaración de reservorios de carbono

Los sumideros que fueron incluidos en la contabilidad del incremento de los acervos de carbono del proyecto fueron los siguientes:

- Biomasa arbórea aérea
- Biomasa subterránea
- Mantillo (hojarasca y capa de fermentación)
- Madera muerta
- Material leñoso caído
- Materia orgánica del suelo

Respecto a las fuentes elegibles, fueron identificadas como inexistentes (no se realizará quema de biomasa, en la preparación del terreno para las reforestaciones no se utilizará maquinaria que queme combustibles fósiles, y tampoco se aplicarán fertilizantes nitrogenados). Los resultados se registraron en el *Formato P2_01 Identificación y declaración de fuentes y sumideros inexistentes o técnicamente inviables*.

5.2.2.2. Estimación preliminar de absorciones por reservorio

Para la estimación preliminar de emisiones y absorciones se estratificó el área de proyecto considerando la variabilidad en el contenido de carbono por hectárea, tanto en la línea base como en el escenario del proyecto, en función del desarrollo de la

vegetación y la formación vegetal utilizando la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VI del INEGI.

Se integró información de la superficie por estrato y tipo de actividad del proyecto, la cual se obtuvo con ayuda de un sistema de información geográfica (Cuadro 25).

Cuadro 25. Superficies del proyecto por tipo de actividad y estrato.

Actividad	Formación vegetal	Desarrollo de la vegetación	Superficie (ha)
Manejo Forestal Sustentable	Bosque de pino-encino	Primaria	3136.33
Total			3136.33

Para cada reservorio y fuente incluidos en el análisis, se obtuvo información de los contenidos de carbono por reservorio existentes en la región del proyecto que permitiera referirlos a los estratos identificados.

Los datos de contenido de carbono se obtuvieron de Vargas *et al.* (en preparación) los cuales muestran información de la UMAFOR 1008 “El Salto”, ubicada al suroeste del estado de Durango (Cuadro 26).

Cuadro 26. Contenidos de carbono de referencia.

Tipo de vegetación	Contenidos de carbono por reservorio (tC ha ⁻¹)			
	Biomasa aérea	Biomasa subterránea	Mantillo	Suelo
Bosque de pino-encino	36.992	14.796	8.126	0.956

Posteriormente, cada tipo de vegetación se homologó con las clases de contenidos de carbono (Cuadro 27).

Cuadro 27. Homologación de las clases en los estratos de vegetación y las clases de contenidos de carbono.

Estratos de la vegetación	Clases homologadas contenidos de carbono	
Formación vegetal	Tipo de vegetación	Desarrollo de la vegetación
Coníferas y latifoliadas	Bosque de pino-encino	Primaria
	Bosque de pino-encino	Secundaria

Después, se declararon referencias para cada estrato de vegetación que permitieran estimar el carbono en la línea base y en el escenario con el proyecto. Para la línea base se estableció un valor de referencia de un 90% (Cuadro 28).

Cuadro 28. Valores y porcentajes de referencia en la línea base.

Estratos de la vegetación		Porcentaje en la línea base
Formación vegetal	Desarrollo de la vegetación	
Coníferas y latifoliadas	Primaria	90%
	Secundaria	90%

En el escenario del proyecto se asignó un valor de referencia de los contenidos de carbono y el porcentaje que el proyecto espera alcanzar respecto de ese valor (Cuadro 29).

Cuadro 29. Valores y porcentajes de referencia en el escenario del proyecto.

Estratos de la vegetación		Porcentaje en la línea base
Formación vegetal	Desarrollo de la vegetación	
Coníferas y latifoliadas	Primaria	100%
	Secundaria	100%

A continuación, se muestran los resultados para la línea base, el escenario del proyecto y la estimación de los beneficios climáticos del proyecto.

Cuadro 30. Contenidos de CO₂e en la línea base (MgCO₂e).

Actividad	Biomasa aérea	Biomasa subterránea	Mantillo	Suelo	Total
Manejo Forestal Sustentable	382,902.25	153,159.16	84,110.84	9,895.39	630,067.64

Cuadro 31. Contenido de CO₂e en el escenario del proyecto (MgCO₂e).

Actividad	Biomasa aérea	Biomasa subterránea	Mantillo	Suelo	Total
Manejo Forestal Sustentable	425,446.94	93,456.49	10,994.88	170,176.84	700,075.16

Cuadro 32. Beneficios climáticos brutos del proyecto (tCO₂e).

Actividad	Biomasa aérea	Biomasa subterránea	Mantillo	Suelo	Total
Manejo Forestal Sustentable	42544.69	9345.65	1099.49	17017.68	70007.52

Los valores de las últimas tres tablas se capturaron en el *Formato P2_02 Resumen de emisiones por fuente y absorciones por sumidero estimadas durante el diseño del proyecto*.

Como resultado de la evaluación preliminar de las emisiones y absorciones, los sumideros indicados fueron clasificados como fuentes y sumideros obligatorios y declarados en el *Formato P2_03 Clasificación de emisiones por fuente y absorciones por sumidero del proyecto*.

5.2.2.3. Composición florística

Se registraron 678 árboles de 22 especies dentro de las 30 Unidades de Manejo muestreadas (1.5 ha), representadas en las familias Pinaceae, Fagaceae y Betulaceae, de las cuales *Pinus durangensis* fue la especie dominante con el 25.81% de los árboles (Figura 7).

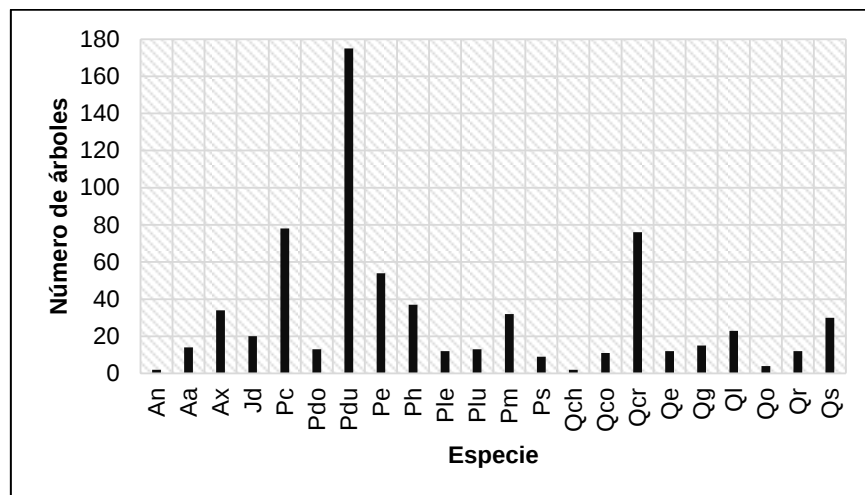


Figura 7. Número de individuos por especie.

donde: An=*Abies neodurangensis*, Aa=*Alnus acuminata*, Ax=*Arbutus xalapensis*, Jd=*Juniperus deppeana*, Pc=*Pinus cooperi*, Pdo=*Pinus douglasiana*, Pdu=*Pinus durangensis*, Pe=*Pinus engelmannii*, Ph=*Pinus herrerae*, Ple=*Pinus leiophylla*, Plu=*Pinus lumholtzii*, Pm=*Pinus michoacana*, Ps=*Pinus strobiformis*, Qch=*Quercus*

chihuahuensis, Qco=*Quercus coccolobifolia*, Qcr=*Quercus crassifolia*, Qe=*Quercus eduardii*, Qg=*Quercus grisea*, Ql=*Quercus laeta*, Qo=*Quercus obtusata*, Qr=*Quercus rugosa*, Qs=*Quercus sideroxyla*.

5.2.2.4. Características dasométricas de los árboles muestreados

El Cuadro 33 muestra los estadísticos descriptivos que presentaron las variables diámetro normal (Dn) y altura total (H) de los árboles muestreados.

Cuadro 33. Estadísticos descriptivos por especie.

Especie	Dn (cm)			H (m)		
	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio
<i>Abies neodurangensis</i>	25.6	37	31.30	14.10	18.7	16.40
<i>Alnus acuminata</i>	8.6	26.1	15.13	4.10	9.9	5.94
<i>Arbutus xalapensis</i>	8.3	47	17.42	0.14	63.0	7.39
<i>Juniperus deppeana</i>	7.5	39.2	18.56	0.10	14.5	7.46
<i>Pinus cooperi</i>	7.5	91.3	22.12	0.10	22.1	7.66
<i>Pinus douglasiana</i>	9.1	57	29.31	8.50	28.3	15.97
<i>Pinus durangensis</i>	7.5	84	26.19	0.04	26.6	11.95
<i>Pinus engelmannii</i>	8.3	94	34.83	0.10	25.7	9.87
<i>Pinus herrerae</i>	12.7	63.7	37.13	0.10	27.7	16.37
<i>Pinus leiophylla</i>	9.5	50.3	27.16	0.16	24.0	14.96
<i>Pinus lumholtzii</i>	21.5	47	33.69	6.10	24.2	16.84
<i>Pinus michoacana</i>	10.5	60	31.23	7.10	27.2	17.33
<i>Pinus strobiformis</i>	16.3	39	26.70	12.40	21.0	15.77
<i>Quercus chihuahuensis</i>	51.8	53.2	52.50	12.00	15.6	13.80
<i>Quercus coccolobifolia</i>	8.8	35.4	19.75	4.20	11.8	7.84
<i>Quercus crassifolia</i>	7.6	49	23.19	4.20	21.7	11.45
<i>Quercus eduardii</i>	9.2	43.5	22.88	5.90	17.9	11.17
<i>Quercus grisea</i>	11	60	26.96	0.21	18.0	11.15
<i>Quercus laeta</i>	8.1	52.8	27.53	5.10	22.0	13.92
<i>Quercus obtusata</i>	21.7	52.8	33.48	10.00	17.9	15.05
<i>Quercus rugosa</i>	7.5	46.7	18.13	0.18	14.2	6.73
<i>Quercus sideroxyla</i>	9.5	64.5	27.81	0.80	19.1	11.09

donde: Dn= diámetro normal (cm); H=altura (m).

5.2.2.5. Cálculo de biomasa y carbono a nivel de unidad de muestreo

- **Biomasa arbórea aérea**

Una vez aplicada la deducción de biomasa para los árboles con algún tipo de daño, la biomasa total promedio de los sitios fue de 7.72 Mg/UM. En el cuadro 34 se muestran los resultados de la biomasa y carbono estimado por hectárea.

Cuadro 34. Conversión a toneladas de biomasa arbórea aérea por unidad de área (ha) y estimación de carbono (MgC ha⁻¹).

UM	Biomasa estimada Mg/UM	Biomasa estimada Mg ha ⁻¹	Carbono estimado Mg ha ⁻¹
1	6.71	176.57	86.34
2	1.67	39.51	19.32
3	11.69	264.25	129.22
4	8.61	252.95	123.69
5	2.90	91.93	44.96
6	4.10	85.38	41.75
7	6.41	144.49	70.66
8	8.80	228.38	111.27
9	1.42	134.83	65.87
10	5.37	107.41	52.52
11	2.73	71.14	34.79
12	7.97	180.14	87.56
13	10.87	259.05	124.08
14	10.41	256.44	125.40
15	19.73	411.41	199.88
16	2.49	71.71	35.07
17	12.11	242.29	118.20
18	9.33	250.28	120.48
19	11.66	286.80	138.72
20	4.85	97.10	47.48
21	4.26	105.19	49.99
22	7.74	177.94	87.01
23	7.03	148.96	72.84
24	7.02	155.05	74.93
25	11.48	229.53	112.24
26	8.45	179.55	87.07
27	6.10	236.10	115.13
28	15.00	300.03	146.53
29	4.18	84.30	41.22
30	10.47	236.51	115.65
PROMEDIO	7.72	183.51	89.33

El carbono promedio estimado por hectárea para los 30 sitios fue de 89.33 MgC ha⁻¹. Para la obtención del carbono total se multiplicó el promedio de carbono estimado por hectárea y se multiplicó por la superficie total del proyecto (Cuadro 36).

Cuadro 35. Estimación del carbono total del proyecto.

Carbono promedio Mg ha ⁻¹	Superficie (ha)	Carbono total (Mg)
89.33	3136.33	280,163.84

Dióxido de carbono equivalente = 280,163.84 * 3.667 = 1,027,360.79 MgCO₂e

5.2.2.6. Tamaño de muestra

Una vez obtenidos los valores estimados de biomasa y carbono para cada una de las UM incluidas en el inventario, se utilizaron los estimadores del diseño de muestreo simple al azar (Cuadro 35).

Cuadro 36. Valores de los estimadores del diseño simple al azar para carbono (Mg ha⁻¹).

Promedio	89.33	Error estándar	7.64
Varianza muestral	1751.84	Límite superior	104.3062
Desviación estándar	41.85	Límite inferior	76.3378
Tamaño de muestra	253	Error de muestreo	14.5427

El tamaño de muestra necesario para un error máximo del 5% y un 90% de confiabilidad en la contabilidad del carbono son 253 sitios, mientras que en el PFC de Los Bancos se establecieron 295 sitios.

- **Biomasa subterránea**

Para la cuantificación de este reservorio se usó la proporción biomasa aérea/biomasa de raíces (root-shoot ratio - R) que reporta el IPCC (2006).

Biomasa subterránea = 1,027,360.787 * 0.40 = 410,944.315 MgCO₂e

- **Mantillo**

El contenido de carbono en el mantillo se obtuvo multiplicando el peso seco total de la muestra de mantillo por la fracción de carbono; el resultado se convirtió a

toneladas para posteriormente obtener el promedio del carbono en los 3 sitios de 0.09 m²

Cuadro 37. Contenido de carbono por UM.

Sitio	Contenido de carbono total (Mg)
1	0.125
2	0.386
3	0.089
4	0.143
5	0.043
6	0.035
7	0.063
Promedio	0.126

Posteriormente se multiplicó el promedio de las toneladas de carbono por la superficie del proyecto y se convirtieron a CO₂e:

Carbono total del proyecto: $0.126 * 3136.33 = 396.33$ MgC

Dióxido de carbono equivalente: $396.33 * 3.667 = 1,453.35$ MgCO₂e

- **Madera muerta**

A continuación se muestran los resultados de biomasa y carbono en la madera muerta (Cuadro 38).

Cuadro 38. Conversión a toneladas de biomasa por unidad de área (ha) y estimación de carbono Mg ha⁻¹ en la madera muerta.

UM	Biomasa estimada Mg/UM	Biomasa estimada Mg ha ⁻¹	Carbono estimado Mg ha ⁻¹
1	0.24	4.78	2.34
2	0.06	1.25	0.61
3	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00
5	0.09	1.89	0.92
6	0.01	0.62	0.31
7	0.58	11.55	5.65
8	0.26	5.17	2.53
9	0.03	3.78	1.85
10	0.00	0.11	0.05
11	0.30	9.74	4.76

UM	Biomasa estimada Mg/UM	Biomasa estimada Mg ha ⁻¹	Carbono estimado Mg ha ⁻¹
12	0.00	0.05	0.02
13	0.00	0.08	0.04
14	0.27	5.48	2.68
15	0.31	6.14	3.00
16	0.00	0.03	0.01
17	0.00	0.00	0.00
18	0.11	13.40	6.55
19	0.00	0.00	0.00
20	0.60	12.08	5.91
21	0.41	8.12	3.82
22	0.00	0.07	0.04
23	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.02	0.01
25	0.00	0.35	0.17
26	0.01	0.20	0.10
27	0.00	0.00	0.00
28	0.04	0.79	0.39
29	0.00	0.08	0.04
30	0.00	0.00	0.00
PROMEDIO	0.11	2.86	1.39

Enseguida se multiplicaron las toneladas de carbono por la superficie del proyecto y se convirtieron a CO₂e:

Carbono total del proyecto: $1.39 * 3136.33 = 4,368.59 \text{ MgC}$

Dióxido de carbono equivalente: $4,368.59 * 3.667 = 16,019.64 \text{ MgCO}_2\text{e}$

- **Material leñoso caído**

En el cuadro 39 se presentan los resultados de la estimación de la biomasa y el carbono en el material leñoso caído.

Cuadro 39. Estimación de biomasa y carbono en el componente de material leñoso caído.

UM	Biomasa estimada Mg ha ⁻¹	Carbono estimado Mg ha ⁻¹
1	0.81	0.38
2	3.76	1.77
3	9.96	4.68
4	4.37	2.05

UM	Biomasa estimada Mg ha ⁻¹	Carbono estimado Mg ha ⁻¹
5	68.24	32.07
6	58.95	27.71
7	29.46	13.84
8	1.23	0.58
9	0.00	0.00
10	9.75	4.58
11	4.11	1.93
12	13.09	6.15
13	26.17	12.30
14	19.23	9.04
15	8.40	3.95
16	15.06	7.08
17	4.99	2.34
18	1.09	0.51
19	5.92	2.78
20	72.76	34.20
21	0.00	0.00
22	64.82	30.47
23	17.15	8.06
24	12.16	5.72
25	16.49	7.75
26	73.56	34.57
27	0.00	0.00
28	10.07	4.73
29	8.57	4.03
30	6.06	2.85
Promedio	18.87	8.87

El promedio de toneladas de carbono por hectárea de las UM se multiplicó por la superficie total del proyecto, mientras que el CO₂e se calculó aplicando el factor 3.667.

Carbono total del proyecto: $8.87 * 3136.33 = 27,822.93$ MgC

Dióxido de carbono equivalente: $27,822.93 * 3.667 = 102,026.67$ MgCO₂e

- **Carbono orgánico en el suelo**

El promedio de carbono del suelo (tC ha^{-1}) para bosque de pino-encino obtenido de Vargas *et al.* (2023) se multiplicó por la superficie total del proyecto, mientras que para la estimación del CO_2e se calculó aplicando el factor 3.667.

Carbono total del proyecto: $119.59 * 3136.33 = 375,073.705 \text{ MgC}$

5.2.3. Toneladas de CO_2e del área de actividad

El Cuadro 40 muestra el cálculo de las toneladas de CO_2e de todos los reservorios.

Cuadro 40. Toneladas de carbono equivalente de todos los reservorios.

Reservorio	Toneladas de CO_2e (Mg CO_2e)	Porcentaje (%)
Biomasa arbórea aérea	1,027,360.79	53.18
Biomasa subterránea	410,944.31	21.27
Mantillo	1,453.35	0.08
Madera muerta	16,019.64	0.83
Material leñoso caído	102,026.67	5.28
Carbono orgánico en el suelo	374,131.79	19.37
Total	1,931,936.54	100.00

De acuerdo con los resultados obtenidos la biomasa aérea y subterránea representan el 74.45% del total de MgCO_2e del proyecto, mientras que los reservorios de mantillo, madera muerta, material leñoso caído y carbono orgánico del suelo representan el 25.55% del total.

El criterio 2.1 de la Norma establece que los sumideros de carbono que representen menos del 10% del total del incremento en el acervo de carbono pueden ser incluidos de manera opcional. Por lo tanto se considera que el mantillo, madera muerta y material leñoso caído no generan variaciones significativas y los costos de medir y monitorear sus stocks de carbono son mayores a los beneficios que resultarían de su inclusión; no obstante, el carbono orgánico del suelo representa el 19.37% del total del proyecto por lo que debe ser incluido de forma obligatoria.

5.2.4. Principio 3. Línea base y adicionalidad del proyecto

5.2.4.1. Desarrollar una línea base demostrable para el proyecto

De acuerdo con el reporte del proyecto elaborado del 01 de diciembre de 2018 al 30 de noviembre de 2019, la línea base es de 849,261.06 tonCO₂e para 3,024.00 ha en el área de actividad. El inventario se realizó con un intervalo de confianza del 90% cuyo error promedio fue de 4.87%; los cálculos y los estimados del inventario del proyecto para la línea base fueron generados por CALC BOSK para la línea base del proyecto.

Estimacion		01/12/2018	
Proyecto		Area de Actividad	
Ejido Los Bancos		Ejido Los Bancos	
CO ₂ -e/Proyecto	Total Promedio	Error @ 90%CI	Error como % del Promedio
849,261.06	280.84	13.69	4.87%
Hectareas en Areas de Actividad			
3,024.00			

Figura 8. Reporte de CALC BOSK de la Línea Base del proyecto.

5.2.4.2. Identificación de escenarios alternativos

No se encontró información relacionada a los escenarios de uso del suelo que podrían ocurrir en ausencia de la intervención del proyecto.

5.2.4.3. Metodologías y parámetros para la estimación de emisiones y absorciones

Las metodologías y valores para la estimación de las emisiones y absorciones en el escenario de línea base, y en el escenario del proyecto, fueron capturados en el formato *P2_05 Descripción de las metodologías de cuantificación y monitoreo del carbono forestal* y el formato *P2_06 Declaración de parámetros* de acuerdo con lo

establecido en el subnumeral 4.3.10. (Monitoreo) de la Norma, para acreditar que se utilizaron siempre valores conservadores.

5.2.4.4. Prueba de requisitos legales

Se verificó la Declaración de Implementación Voluntaria registrada en la Reserva el 17 de mayo de 2020, donde se especifica que el proyecto fue implementado y establecido de manera voluntaria y durante el periodo comprendido entre el 01 de diciembre de 2018 al 30 de noviembre de 2019, fue operado y llevado a cabo de manera voluntaria, ni la implementación ni establecimiento del proyecto fue requerido por cualquier ley, estatuto, norma, reglamento, orden judicial, acción gubernamental, etc.

En cuanto a las actividades de aprovechamiento forestal sustentable, el ejido tiene un Programa de Manejo Forestal Nivel Avanzado, autorizado mediante oficio No. SG/130.2.2.2/001423/16, de fecha 02 de agosto de 2016.

5.2.4.5. Carta de aplicación voluntaria del proyecto

Acorde a la Declaración de Implementación Voluntaria del Desarrollador del Proyecto/ Dueño Forestal, el Dueño Forestal manifestó a la Reserva de Acción Climática que el Proyecto fue implementado y se estableció de manera voluntaria en todo momento durante los periodos comprendidos entre 1 de diciembre del 2018 y el 30 de noviembre del 2019, así como el del 1 de diciembre de 2019 al 30 de noviembre de 2020, firmados el 17 de mayo de 2020 y 26 de octubre de 2021 respectivamente.

5.2.4.6. Enfoques elegibles para el análisis de barreras

i. Ejecución de pruebas estandarizadas

De acuerdo con el Protocolo Forestal para México Versión 2.0, los Programas de Manejo Forestal (PMF) son documentos de manejo forestal legales, autorizados por la SEMARNAT, que permiten el aprovechamiento sustentable al asegurar que el

aprovechamiento de los bosques no exceda el crecimiento del bosque. Por lo tanto, el Protocolo Versión 2. considera que el crecimiento periódico está en riesgo e, independientemente de la tasa de aprovechamiento permitida, todo el crecimiento no aprovechable se considera adicional.

Dado que el Protocolo solo acredita el crecimiento por arriba de la línea de base del Área de Actividad, o los acervos de carbono iniciales, y todo el crecimiento es considerado en riesgo bajo un PMF, las Áreas de Actividad que tienen un PMF o están en el proceso de obtenerlo, automáticamente pasan la prueba del estándar de desempeño.

Por lo anterior, las actividades de Manejo Forestal Mejorado automáticamente pasan la prueba del estándar de desempeño, ya que las actividades se consideran adicionales en la medida en que producen remociones de GEI por encima de aquellas que hubieran sucedido en un escenario sin la implementación del proyecto.

5.2.4.7. Declaración de la Adicionalidad del proyecto

La estimación del proyecto durante el periodo del primero de diciembre de 2018 al 30 de noviembre de 2019 fue de 881,175.19 tCO₂e. El siguiente año ascendió a 948,436.81 tCO₂e y en 2021 se obtuvieron 988,738.38 tCO₂e.

5.2.5. Principio 4. Identificación y manejo de fugas

5.2.5.1. Declaración de niveles de ingreso y producción del propietario forestal

A continuación se muestra el volumen aprovechado por tipo de madera antes de la fecha de inicio del Área de Actividad, tomados del reporte de verificación del periodo del primero de diciembre de 2020 al 30 de noviembre de 2021 (Cuadro 40).

Cuadro 41. Volumen aprovechado (m_3) por tipo de madera antes del inicio del proyecto.

Año	Volumen de madera blanda (m₃) (coníferas)	Volumen de madera dura (m₃) (latifoliadas)	Volumen total (m₃)
2012	5,217.547	138.042	5,355.59
2013	4,798.78	127.03	4,925.81
2014	4,497.01	87.242	4,584.25
2015	5,363.00	172.397	5,535.40
2016	4,736.61	223.592	4,960.20
2017	6,960.52	941.171	7,901.69

En el Cuadro 41 se muestran los volúmenes de aprovechamiento tomados de los informes de aprovechamiento forestal de las anualidades 2019-2020 y 2020-2021.

Cuadro 42. Volumen de los informes de aprovechamiento forestal de las anualidades 2019-2020 y 2020-2021.

Tipo de Madera	Volumen Anual Aprovechado (2019-2020)	Volumen Anual Aprovechado (2020-2021)
Madera blanda	14,241.69	16,200.00
Madera dura	704.61	764.151
Total	14,946	16,964.15

Los volúmenes de aprovechamiento se capturaron en el *formato P4_01 Declaración de niveles de producción e ingreso del propietario forestal en las unidades económicas rurales de su propiedad o con participación.*

5.2.5.2. Descripción de actividades económicas que tienen lugar en el área del proyecto

En el formato *P1_03 Áreas de actividad* se registraron los usos actuales del suelo del terreno forestal. En el área de actividad no se efectúan actividades agrícolas y ganaderas.

5.2.5.3. Declaración de actividades económicas forestales con potencial de fuga relevantes

Para la evaluación de efectos secundarios (fugas) en actividades de manejo forestal mejorado (CAR) se analizó la cantidad de aprovechamiento que se lleva a cabo en el Área de Actividad en relación con el escenario de línea de base. Este procedimiento se realizó con la información del aprovechamiento de los seis años previos a la fecha de inicio del Área de Actividad y se desarrolló de un promedio (Cuadro 42).

Cuadro 43. Volumen aprovechado por tipo de madera antes del inicio del proyecto (tomado de la Hoja de Cálculo para cuantificar el riesgo de Efectos Secundarios del proyecto ejido forestal Los Bancos).

Año	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Madera blanda (coníferas)	5217.547	4798.784	4497.009	5362.999	4736.608	6960.517
Madera dura (latifolias)	138.042	127.03	87.242	172.397	223.592	941.171

Posteriormente se convirtió el volumen del árbol completo a biomasa (multiplicando las coníferas x 0.53 latifoliadas x 0.725) (Cuadro 43).

Cuadro 44. Conversión de volumen a biomasa (toneladas) (tomado de la Hoja de Cálculo para cuantificar el riesgo de Efectos Secundarios del proyecto ejido forestal Los Bancos).

Madera blanda (Coníferas)	[volumen del árbol completo] x 0.53	4648.3
Madera dura (Latifolias)	[volumen del árbol completo] x 0.725	340.2

Finalmente se multiplicaron los valores de la suma de la biomasa por 0.5 para convertir el valor de la biomasa a toneladas de carbono y se multiplica por 3.67 para convertirlo en tonCO₂e como se observa en el Cuadro 44.

Cuadro 45. Conversión de biomasa a tCO₂e (tomado de la Hoja de Cálculo para cuantificar el riesgo de Efectos Secundarios del proyecto ejido forestal Los Bancos).

C	[suma de la biomasa] x 0.5	2494.3
CO ₂ e	[C] x 3.67	9154.0

El cálculo de productos de madera provechada se llevó a cabo utilizando el mismo enfoque de conversión que se utilizó para el cálculo de la línea de base, con la excepción que el reporte anual se basa en un valor anual único en vez de un promedio de varios datos, obteniendo un total de 14788.2 tCO₂e para el periodo de 2019-2020.

Los Efectos Secundarios Anuales se calculan utilizando la cantidad de la línea de base y aprovechamiento actual anual como se muestra en el Cuadro 45.

Cuadro 46. Efectos secundarios anuales tCO₂e (tomados de la Hoja de Cálculo para cuantificar el riesgo de Efectos Secundarios del proyecto ejido forestal Los Bancos).

Carbono Actual en Árboles Aprovechados para Productos de Madera del Área de Actividad (tCO ₂ e)	9,480	14,788
Línea de base del Carbono en Árboles Aprovechados para Productos de Madera del Área de Actividad (tCO ₂ e)	9154	9,154
Diferencia Anual entre el Carbono Actual y la Línea de Base para Árboles Aprovechados para Productos de Madera (tCO ₂ e)	326	5634

En las actividades de Manejo Forestal Mejorado bajo el protocolo de la Reserva, los efectos secundarios suceden si un proyecto disminuye el aprovechamiento comercial en el Área de Actividad; por lo tanto, el proyecto de Los Bancos no posee efectos secundarios.

Sin embargo, la metodología de la Norma establece que cuando un área de actividad o el conjunto de áreas de actividad cuenten con un programa de manejo forestal maderable, se considerará como fuente relevante de fuga cuando durante la vida del proyecto el volumen de madera aprovechada disminuya 10% o más con respecto al volumen anual autorizado.

A su vez, cuando existan fuentes relevantes de fuga, los proyectos podrán declarar acciones dentro del predio que se ejecuten de manera paralela al proyecto forestal de carbono, que compensen la disminución en el ingreso o en la producción de aquellas actividades agrícolas o pecuarias declaradas como fuentes relevantes de fuga.

5.2.6. Principio 5. Salvaguardas sociales y ambientales

5.2.6.1. Control y gestión documental del proyecto

La Reserva requiere que la información de todos los proyectos forestales sea transparente, incluyendo la información que muestre los acervos de carbono actuales, reversiones, y remociones de GEI verificadas, así como los reportes de verificación. Por esa razón la información no confidencial que el ejido Los Bancos a reportado a la Reserva está disponible al público su página web.

La metodología de la Norma especifica que, para promover la transparencia en el cumplimiento de las salvaguardas, se elaborarán versiones públicas de los documentos generados durante la gestión del proyecto y se subirán al Sistema de Gestión de Proyectos (SIGEP). Además, se debe disponer de un espacio exclusivo para los expedientes físicos del proyecto para archivar de manera consistente con el catálogo de disposición documental.

5.2.6.2. Declaración de superficie bajo manejo forestal

De acuerdo con la ET 5.1.1.1 los proyectos que hayan declarado predios con programa de manejo forestal (PMF) en el *Formato P1_03 Predios*, deberán incluir como anexo al DDP una copia simple del PMF, autorización de aprovechamiento de recursos forestales maderables, informes anuales sobre la ejecución y desarrollo de los aprovechamientos forestales; sin embargo, en la información de la Reserva no se encontró esta información.

5.2.6.3. Planificación anual

En la ET 5.1.2.1 del principio 5 de la Norma se especifica que se debe elaborar un documento de planificación anual que describa para cada predio o área del proyecto las actividades que se ejecutarán, además de un sistema de indicadores que den cuenta del nivel de cumplimiento del plan, por lo que se revisaron los Reportes de Monitoreo Anual de la Reserva, los cuales son formatos que sirven como la base para el monitoreo anual y tienen que ser llenados anualmente.

5.2.6.4. Declaración de cambios de uso de suelo autorizados

No se realizaron cambios de uso de suelo forestal a no forestal, en los cinco años previos al inicio del proyecto.

5.2.6.5. Declaración de la no existencia de medidas de seguridad o sanciones de ningún tipo en materia forestal

Las declaraciones de cumplimiento regulatorio mencionan que durante las fechas indicadas (1 de diciembre del año 2018 al 30 de noviembre del año 2021) el proyecto estuvo en cumplimiento con todas las leyes, estatutos, reglamentos o normas relevantes para las actividades del proyecto.

5.2.6.6. Declaración de las actividades de saneamiento forestal

En el reporte de verificación del primero de diciembre de 2020 al 30 de noviembre de 2021, el Desarrollador reportó la presencia de plagas en el Área de Actividad. Se describe que se presentó una zona de plaga en un área delimitada de 21.86 hectáreas que representa el 0.77% del Área de Actividad.

Se detectaron 4 parcelas de las cuales dos (la 132 y 257) fueron afectadas por la aplicación del tratamiento (derribo, troceo, descortezado y aplicación del químico). A pesar de ello, el Desarrollador menciona que no se tuvo una reversión, ya que al hacer la remediación se demostró que, a pesar de incluir parcelas con plaga, se tuvo un incremento de los acervos de carbono.

La parcela 132 se presentó la pérdida de 3 individuos. En la parcela medida se registraron 2.55 tCO₂e al inicio del Periodo de Reporte del 1 de diciembre de 2019 al 30 de noviembre de 2020; posteriormente cambió a 2.16 tCO₂e para el inicio del Periodo de Reporte Actual (del 1 de diciembre de 2020 al 30 de noviembre de 2021), esto se reflejó en una disminución en la cantidad de carbono de 0.39 tCO₂e.

En la parcela 257 se presentó la pérdida de 1 individuo; sin embargo, se registró el reclutamiento de 3 árboles. En esta parcela se registraron 0.71 tCO₂e al inicio del Periodo de Reporte; posteriormente cambió a 0.74 tCO₂e para el inicio del Periodo

de Reporte Actual (del 1 de diciembre de 2020 al 30 de noviembre de 2021), esto se reflejó en un aumento de la cantidad de carbono de 0.03 tCO₂e.

Por lo tanto, se cumplió con lo que pide la ET 5.1.6.1 del Principio 5.

5.2.6.7. Descripción de los servicios ambientales relevantes del PFC

De acuerdo con el Reporte del Proyecto de Los Bancos, el Programa de Manejo Forestal, implementado por la Unidad de Prestación de Servicios Técnicos de El Salto, Dgo. A.C., y autorizado por la SEMARNAT, en su apartado XIII: Medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales, se describen aquellos impactos que se consideren más importantes, y se establecen los mecanismos para cuidar el hábitat de las especies, el cuidado del bosque, agua, suelo, paisaje, entre otros.

5.2.6.8. Uso de especies nativas o endémicas

El Reporte de Verificación periodo 01/12/2018 - 30/11/2019 indica que en el área de actividad existen un promedio de 842.29 árboles por hectárea, de los cuales todos son de especies nativas, lo que representa que el 100%, por lo que se cumple con la salvaguarda ambiental de la Reserva que requiere el 95% de especies nativas dentro del área del proyecto.

En cambio, la especificación técnica 5.3.1.1 del principio 5 de la Norma requiere que se llene el formato *P5_02 Especies plantadas* y se registre el estatus de cada especie utilizada en los listados publicados por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. En el mismo formato se deberá incluir una descripción de las acciones de manejo que se implementarán en el proyecto para evitar el establecimiento y propagación de especies exóticas o invasoras.

5.2.6.9. Promoción de la regeneración natural

No se encontró información relacionada a este apartado.

5.2.6.10. Verificación de las especies utilizadas

El Reporte de verificación del periodo 01/12/2018 - 30/11/2019, confirma que la composición de especies nativas en el proyecto es de la siguiente manera: 13.20% *Quercus obtusata*, 11.17% *Pinus duranguensis*, 7.42% *Pinus michoacana*, 7.18% *Pinus copperi*, 6.84% *Pinus herrerae*, 6.37% *Pinus douglasiana*, 5.90% *Quercus laeta*, 5.67% *Quercus scytophylla* y el resto de otras especies.

De acuerdo con este análisis, no más del 60% corresponde a una sola especie, mientras que el 40% restante consiste en más de tres especies distintas que representan menos el 10% del total.

5.2.6.11. Descripción de los sitios de significado especial

El ejido Los Bancos no cuenta con sitios de significado especial.

5.2.6.12. Distribución equitativa de beneficios

La asamblea del 01 de diciembre de 2018, así como en los talleres celebrados en octubre del mismo año, muestran evidencia de que se habló de los beneficios locales ambientales, beneficios económicos asociados con el mercado de carbono; así como la distribución de beneficios a la comunidad.

5.2.6.13. Inducción y sensibilización

Se verificó mediante evidencia fotográfica y en el acta de asamblea de fecha 01 de diciembre de 2018, que los ejidatarios de la comunidad de los Bancos recibieron pláticas informativas sobre temas de conservación ambiental incluyendo el estándar de la Reserva de Acción Climática sobre los proyectos de captura de carbono, los beneficios ambientales y económicos asociados con el mercado de carbono, así como su distribución en la comunidad.

Además, en el reporte de proyecto se hace mención del taller celebrado el 18 de octubre del año 2018, donde el desarrollador del proyecto presentó los costos

anticipados que el ejido debe invertir en caso decidir participar en la realización del proyecto. Como evidencia, se tienen imágenes el reporte de proyecto de la presentación con la cual se habló de los costos y el proceso de implementación del proyecto. Este tema también se abordó en la asamblea celebrada el 01 de diciembre de 2018 y se presenta este documento en el Reporte del Proyecto.

5.2.6.14. Participación del ejido o comunidad en el diseño del proyecto

En el Reporte de Proyecto, en el apartado 1.4 Aprobación del Proyecto, se presentan las hojas de registro de asistencia a la asamblea realizada el 1 de diciembre de 2018, en la cual se aprobó el proyecto. Igualmente, en este mismo apartado se incluyen las hojas del acta de asamblea con las notas y comentarios realizados por los participantes durante la asamblea referentes al proyecto.

De igual manera, se proporcionan las actas de las asambleas realizadas el 6 de febrero y el 5 de junio del 2021, las cuales contienen fotografías de las hojas de registro, así como las notas y comentarios en los cuales se discutió el proyecto, dichas actas se encuentran cargadas en la plataforma de la Reserva.

5.2.6.15. Notificación de reuniones

El Reporte del Proyecto menciona que para las reuniones de asamblea se notifica por escrito a los ejidatarios, misma que está publicada con al menos 72 horas de la reunión ejidal. Las actas de reunión son firmadas por los presentes.

Una vez establecidas las asambleas se contabilizan los asistentes; si hay asistencia de más del 50% de los ejidatarios legalmente reconocidos, se procede a determinar que hay quórum legal para tomar acuerdos. Todos los asistentes se sujetan a lo que determine la mayoría de los asistentes, los acuerdos se escriben en un acta, misma que se lee al final y se firma por los ahí reunidos (solamente ejidatarios).

En las actas de asamblea presentadas como parte del proyecto, se puede constatar que las convocatorias son emitidas con al menos 10 días de anticipación.

5.2.6.16. Documentación de las reuniones

En las actas de asamblea presentadas, se puede constatar que los acuerdos tomados durante su ejecución se documentan en el cuerpo de la asamblea, así como la firma de todos los asistentes. Todas las actas de asamblea se resguardan por las respectivas autoridades y están disponibles para su consulta para cualquier ejidatario o involucrado en el proyecto.

5.2.6.17. Designación del coordinador del proyecto

En el acta de asamblea del 07 de diciembre de 2019, misma que se encuentra en el Reporte de Proyecto, se puede constatar la elección del Coordinador del Proyecto. En esta asamblea se nombra al C. José Luis Cabrales Sánchez, posteriormente fue sustituido por el C. José Miguel Hernández García quien actualmente funge como presidente del Comisariado Ejidal.

5.2.6.18. Presentación y aprobación del proyecto

En el acta celebrada el 01 de diciembre del año 2018 se aprobó el proyecto en asamblea, misma que está certificada por el RAN y se encontró anexa en el Reporte de Proyecto.

5.2.6.19. Pertinencia e idoneidad de los materiales

En el Reporte del Proyecto se muestra evidencia fotográfica de las reuniones con el ejido realizadas en octubre de 2018; se anexan algunas de las presentaciones que fueron mostradas a los participantes donde se trataron temas relacionados a las características del proyecto, compromisos y beneficios, importancia de cuidar el bosque y el programa de la reserva de acción climática.

5.2.7. Principio 6. Manejo de riesgos del proyecto y permanencia del incremento en el acervo de carbono

El proyecto contribuye con el 8% al fondo de aseguramiento que en el periodo del 01 de diciembre de 2020 al 30 de noviembre de 2021 equivalió a 1,046 tCO₂e.

Sin embargo, según la metodología del principio 6 de la Norma Los proyectos podrán elegir entre una deducción por defecto de los créditos de carbono forestal certificado en las siguientes proporciones:

- Proyectos de escala pequeña: 8%
- Proyectos de escala grande: 10%

O ejecutar un análisis de riesgo conforme a lo dispuesto en las especificaciones técnicas del Principio 6 y aplicar el porcentaje de deducción que resulte en la ecuación para calcular los beneficios climáticos del proyecto.

5.2.8. Principio 7. Esquema de monitoreo robusto y verificación independiente

5.2.8.1. Declaración de la fecha de inicio del monitoreo y duración del mismo

En el apartado 2.4 Periodo de Acreditación del Proyecto, del capítulo III Criterios de Elegibilidad del Reporte de Proyecto (Reporte de Proyecto Los Bancos Durango), se establece que la línea base del proyecto forestal es válida por 30 años, con fecha de inicio considerada el 1 de diciembre del año 2018.

Todos los proyectos forestales deberán completar la verificación inicial, y todas las verificaciones subsecuentes, dentro de los primeros 12 meses al finalizar el Periodo de Reporte en el cual se sometió el Reporte de Proyecto a ser verificado.

La verificación inicial del ejido Los Bancos se realizó en marzo de 2019 por la Asociación de Normalización y Verificación A.C. Dicha evaluación se realizó en el periodo de reporte 1 para determinar si el proyecto contaba con un nivel de confianza que demostrara que las remociones eran materialmente correctas. Se utilizaron los

criterios de CAR para determinar si la línea base atendió cada requisito del Protocolo Forestal para México (PFM) V. 2.0.

De acuerdo con metodología del principio 7 de la Norma, el promovente del proyecto debe diseñar, implementar y mantener un plan de monitoreo del proyecto que permita obtener información para evaluar impactos climáticos, ambientales y sociales del proyecto. El plan de monitoreo debe describir las acciones, los recursos, el calendario, los responsables y sus funciones para su ejecución, así como los mecanismos de seguimiento que permitan evaluar su desempeño.

5.3. Validación de la herramienta SiCC

La aplicación de SiCC no pudo ser validada debido a errores en el programa que impiden su ejecución.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las especificaciones técnicas para la elaboración y presentación de evidencias para la validación del proyecto forestal de carbono del Ejido Forestal Los Bancos, cumplen con lo requerido por la Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015.

El Manual de metodologías para la cuantificación y monitoreo de los acervos de carbono en proyectos de la Norma, incluido en el principio 2, presenta los procedimientos para el cálculo de absorciones por reservorio, dichos procedimientos son claros y concisos.

Solo las remociones de GEI de los reservorios de biomasa arbórea aérea, biomasa subterránea y carbono orgánico del suelo se consideran significativas, por lo que deben integrarse como reservorios obligatorios.

Se recomienda la elaboración de un manual de monitoreo que indique los requisitos y lineamientos mínimos que se deberá incluir en el plan de monitoreo, para que proporcione confiabilidad en las remociones de GEI cuantificadas y reportadas, así como los procedimientos que aseguren el cumplimiento de los requisitos de la Norma. Dicho manual deberá ser adaptable para que pueda ser modificado de acuerdo a las condiciones y necesidades de cada proyecto.

La aplicación informática SiCC presenta errores que impiden su ejecución en su versión actual.

Derivado de la aplicación de los instrumentos metodológicos para comprobar el cumplimiento de todos los requisitos de la NMX-AA-173-SCFI-2015 y la comparación de los resultados con el proyecto de CAR del ejido Los Bancos, se concluye que estos son operativos y aplicables.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). (2012). Programa de Carbono Forestal, Mercados y Comunidades (FCMC). Virginia, Estados Unidos. 49 p.
- Alianza por el Clima, la Comunidad y la Biodiversidad (CCBA). (2022). CCB Standards. Recuperado de: <https://www.climate-standards.org/ccb-standards/>.
- Bustamante, P.D., Gallegos, S.E. (2009). *El mercado de los bonos de carbono en México* (tesis profesional). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2013). Bosques, cambio climático y REDD+ en México. Guía básica. Recuperado de: <http://www.enaredd.gob.mx/wp-content/uploads/2014/11/3-Guia-Basica-de-Bosques-Cambio-Climatico-y->
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2018). Informe de Autoevaluación Enero-Septiembre de 2018. Recuperado de http://187.218.230.30/filesconafor/userfiles/gobmxTransparencia/rendicion_de_cuentas/CONAFOR_IAE_enero-septiembre_2018.pdf.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). (1997). Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado de: <https://unfccc.int/es/node/2409>.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2015). Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2015 Para el registro de proyectos forestales de carbono y la certificación del incremento en el acervo de carbono. Diario Oficial de la Federación.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2012). Ley General de Cambio Climático. In Diario Oficial de la Federación. H. Congreso de la Unión (Vol. 10, p. 44).
- Ecosystem Marketplace. (2021). Market in Motion. State of Voluntary Carbon Markets 2021, Installment 1. Washington DC: Forest Trends Association.

- Gold Standard. (2013). Requisitos Forestación/Reforestación (F/R). Versión 0.9. Consultado en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.goldstandard.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Far-requisitos.pdf&clen=2126418&chunk=true>.
- González, M.S., González, M., Márquez, M.A. (2007). Vegetación y Ecorregiones de Durango. CIIDIR-IPN. Plaza y Valdés, S.A. de C.V. México, D.F. 219 p.
- González, E.J. y Meira, P.A. 2020. Educación para el cambio climático: ¿Educar sobre el clima o para el cambio? *Perfiles educativos*. 42(168): 157-174.
- Hamilton, K., M. Sjardin, T. Marcello & G. Xu. (2008). Forging a Frontier: State of the Voluntary Carbon Markets 2008. A report by Ecosystem Marketplace & New Carbon Finance. 79 p.
- Ibarra, D., Escobar, L. (2008). Mercado de bonos de carbono. *Tiempo económico*. 3(9):17-38.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2007). Conjunto de Datos Vectorial Edafológico Serie II Continuo Nacional El Salto. Escala 1:250 000.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2008). Conjunto de Datos Vectoriales Unidades climáticas. Escala 1:1 000 000.
- López-Toache, V., Romero-Amado, J., Toache-Berttolini, G., y García-Sánchez, S. (2016). Bonos de carbono: financiarización del medioambiente en México. *Estudios sociales*. 25(47): 191-215.
- Lucatello, S. (2011). Los mercados voluntarios de carbono en Norteamérica y su gobernanza: ¿qué reglas aplican para el comercio internacional de emisiones en la región? *Norteamérica*. 7(Número especial): 107- 128.
- Merger E. & Williams A. (2008). Comparison of Carbon Offset Standards for Climate Forestation Projects participating in the Voluntary Carbon Market. University of Canterbury. New Zealand. Recuperado de: <https://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/ComparisonClimateForestationProject%20Standards.2008.pdf>.

- Ordoñez, J.A.B. (2008). Cómo entender el manejo forestal, la captura de carbono y el pago por servicios ambientales. *CIENCIAS*. (90): 36- 42.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2003). *Cambio climático*. XII Congreso Forestal Mundial. Quebec, Canadá.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2010). Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/i1632s/i1632s.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). *Oportunidades de financiación para los bosques tras el acuerdo de Paris*. 23° Periodo de sesiones. Comité Forestal. Roma. 6 p.
- Orta-Salazar, C. (2018). *Factibilidad de la implementación de la Norma Mexicana (NMX-AA-173-SCFI-2015) para el registro de proyectos forestales de carbono como instrumento de restauración forestal a largo plazo en la región prioritaria para la conservación Xilitla, San Luis Potosí* (tesis de maestría). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí.
- Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC). (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf.
- Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC). (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf
- Raguenés P., Hagler L., Wagner N y Etienne E. (2013). *El mercado de bono de carbono voluntario: Oportunidades para asegurar la sostenibilidad de proyectos de energía renovable*. XX Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XX- SPES), Tacna, Perú.

- Reserva de Acción Climática (CAR). (s.f). Registro de Acción Climática de California. Consultado en: <https://www.climateactionreserve.org/about-us/california-climate-action-registry>.
- Rivas, D.J. (2010). *Inversión en el mercado de bonos de carbono en México* (tesina). Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México, México.
- Rodríguez S., L. (2007). Protocolo de Kioto: Debate sobre ambiente y desarrollo en las discusiones sobre cambio climático. *Gestión y Ambiente*. 10(2):119-128.
- Samayoa, S. y Sosa, B. (2011). Guía de orientaciones. Mercado de carbono, oportunidades para proyectos de pequeña escala. Programa Regional de Medio Ambiente. Honduras. 80 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2015). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y su Protocolo de Kioto. (CMNUCC). Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico-y-su-protocolo-de-kioto-cmnucc>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Recuperado de: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/mecanismo-de-desarrollo-limpio-mdl>.
- SNV Netherlands Development Organization. (2011). Mercado de carbono, oportunidades para proyectos de pequeña escala. 1. Recuperado de: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/CF1F3D1F3D8BBADB05257C290072D01F/\\$FILE/Mercado_de_carbono_oportunidades_para_proyectos.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/CF1F3D1F3D8BBADB05257C290072D01F/$FILE/Mercado_de_carbono_oportunidades_para_proyectos.pdf).
- U.S. Global change Research Program (marzo 2009). "Climate Climate Literacy: The Essential Principles of Climate Science". Washington D.C.
- Vargas-Larreta, B., Amezcua, M., López-Martínez, J.O., Cueto-Wong, J.A., Cruz-Cobos, F., Nájera-Luna, J.A. y Aguirre-Calderón, C.G. (2023). Estimación de los almacenes de carbono orgánico en el suelo en tres tipos de bosque templado en Durango, México. 101 (1): 90-101.

- Vargas-Larreta, B., López-Sánchez, C. A., Corral-Rivas, J. J., López-Martínez, J. O., Aguirre-Calderón, C. G. y Álvarez-González, J. G. (2017) Ecuaciones alométricas para la estimación de reservas de biomasa y carbono en los bosques templados del noroeste de México. *Bosques*. 8, 269.
- Vázquez, O.A. (2010). *Mercado de Carbono: Análisis del mercado internacional y su implementación en México (carestías jurídicas), una propuesta para su inmersión* (tesis de maestría). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, México.
- Vázquez, A. (2011). El mercado de los bonos de carbono. *Derecho ambiental y ecología*, (41), 51.
- Verified Carbon Standard (VCS). (2016). AFOLU Non-Permanence Risk Tool: VCS Version 3. Recuperado de: https://verra.org/wp-content/uploads/2018/03/AFOLU_Non-Permanence_Risk_Tool_v3.3.pdf.