METODOLOGÍA CARBONO AZUL

BCR0012

Metodología para la Cuantificación de Reducciones yo Remociones de Emisiones de GEI derivadas de la Conservación, Restauración y Manejo Sostenible de Ecosistemas de Carbono Azul

Aplicable a manglares, marismas, y praderas de pastos marinos

BIOCARBON CERT®

VERSIÓN 1.0 | NOVIEMBRE 7 DE 2025

BIOCARBON CERT

www.biocarbonstandard.com

© 2025 BIOCARBON CERT®. Este documento metodológico es de uso exclusivo para proyectos que busquen la certificación o estén registrados bajo el BIOCARBON STANDARD. Todos los derechos reservados.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización expresa de BIOCARBON CERT.

BIOCARBON CERT. 2025. Metodología para la Cuantificación de Reducciones y Remociones de Emisiones de GEI derivadas de la Conservación, Restauración y Manejo Sostenible de Ecosistemas de Carbono Azul. Aplicable a manglares, marismas y praderas de pastos marinos. Versión 1.0. 7 de noviembre de 2025. 79 p. http://www.biocarbonstandard.com

Tabla de contenido

1 Introducción 8

2 Objetivos 8

3 Alcance 9

3.1 Tipos de ecosistema 9

3.2 Actividades de proyecto 10

3.3 Reservorios de carbono considerados 10

3.4 GHG incluidos 10

4 Versión y validez 10

5 Condiciones de aplicabilidad 10

5.1 Tipo de ecosistema 11

5.2 Actividades de proyecto 11

5.3 Escenario de línea base 12

5.4 Cumplimiento legal y normativo 12

5.5 Proyectos en áreas protegidas legalmente 12

5.6 Salvaguardias ambientales y sociales 13

5.7 Reservorios de carbono y GEI 13

5.8 Exclusiones 13

6 Referencias normativas 14

6.1 Normativas y directrices aplicables 14

6.2 Herramientas BioCarbon 14

7 Términos y definiciones 15

8 Reservorios de carbono y fuentes de emisiones 25

8.1 Reservorios de carbono 25

8.2 Fuentes de emisiones 26

9 Límites espaciales y temporales 27

9.1 Límites geográficos 27

9.2 Límites temporales 28
9.3 Reservorios de carbono y GEI 28

10 Actividades de proyecto 28

10.1 Descripción de las actividades 28
10.2 Actividades elegibles 29
10.3 Actividades excluidas 29

11 Análisis de impulsores y agentes 30

11.1 Requisito para la identificación de impulsores y agentes 30
11.2 Impulsores directos de degradación y pérdida 30
11.3 Impulsores subyacentes 30
11.4 Agentes responsables 31
11.5 Documentación 31

12 Cuantificación de las reducciones de emisiones de GEI a partir de las actividades de carbono azul 31

12.1 Datos de actividad 31
12.2 Estratificación del área del proyecto 33
12.2.1 Cartografía y documentación 33
12.3 Diseño de muestreo 33
12.4 Factores de emisión 35
12.4.1 Estimación de factores de emisión basada en trabajo de campo 35
12.4.2 Uso de valores publicados o predeterminados 35
12.4.3 Documentación y validación 36
12.5 Criterios de modelación espacial para la construcción de la línea base 36
12.6 Emisiones de línea base 37
12.7 Emisiones del proyecto 38
12.8 Cambios en las reservas de carbono 39
12.8.1 Biomasa aérea y biomasa subterránea (manglares y marismas) 40
12.8.2 Carbono orgánico del suelo (COS) en sedimentos 41
12.8.3 Madera muerta y hojarasca 42
12.9 Gases distintos al CO_2 43

12.9.1 Metano (CH_4) ... 43
12.9.2 Óxido nitroso (N_2O) ... 43
12.9.2.1 Enfoque general basado en factores por defecto (Nivel 1) ... 43
12.9.2.2 Enfoque de estimación por fertilización (aporte manejado) ... 44
12.10 Reducciones y remociones netas de GEI ... 44
12.11 Datos, parámetros y aseguramiento de la calidad ... 45

13 Gestión de fugas ... 45
13.1 Requisitos generales ... 45
13.2 Fuentes de fuga en los ecosistemas de carbono azul ... 45
13.3 Identificación y seguimiento del área de fugas ... 46
13.4 Cuantificación de las emisiones por fugas ... 46
13.5 Mitigación de fugas ... 46
13.6 Deducción de las reducciones netas de emisiones ... 47
13.6.1 Marco de decisión y deducciones conservadoras ... 47

14 Gestión del riesgo de reversión y permanencia ... 47
14.1 Definición y alcance de la reversión ... 47
14.2 Medidas para mejorar la permanencia ... 48
14.3 Herramienta de Gestión de Permanencia y Riesgos ... 48
14.4 Evaluación de riesgos y requisitos de monitoreo ... 49

15 Evaluación de la incertidumbre y ajuste conservador ... 49
15.1 Nivel de confianza requerido y regla de ajuste ... 50
15.2 Calidad de los datos y factores de descuento ... 51
15.3 Requisitos de documentación y transparencia ... 51

16 Requisitos de monitoreo ... 52
16.1 Parámetros a monitorear ... 52
16.2 Fuentes de datos y métodos de monitoreo ... 52
16.3 Frecuencia de monitoreo y reporte ... 53
16.4 Monitoreo de las actividades del proyecto y salvaguardas ... 54
16.5 Monitoreo de las salvaguardas ... 54

16.6 Calidad y gestión de los datos 55
16.7 Monitoreo del riesgo de reversión y de las condiciones de permanencia 55
16.8 Almacenamiento de datos y mantenimiento de registros 56

17 Aseguramiento de la calidad y control de calidad (QA/QC) 57
17.1 Aseguramiento de la calidad (QA) 58
17.2 Control de calidad (QC) 59
17.3 Medidas correctivas y trazabilidad 59
17.4 Documentación y archivos 59
17.5 Mejora continua 60

18 Estatus del documento y formato de publicación 60
18.1 Estatus 60
18.2 Versión 61
18.3 Formato de publicación 61

19 Referencias 61

20 Anexos 64

Lista de tablas

Tabla 1. Reservorios de carbono seleccionados para el cálculo de los cambios en las reservas de carbono 25

Tabla 2. Fuentes de emisión y GEI seleccionados para su contabilización 26

Abreviaciones y Acrónimos

ADC	Evitación de la Doble Contabilidad (*Avoidance of Double Counting*)
AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (*Agriculture, Forestry and Other Land Uses*)
AGB	Biomasa Aérea (*Abovegroud Biomass*)
BGB	Biomasa subterránea (Below*graund Biomass*)
CCV	Créditos de Carbono Verificados
CF	Fracción de carbono de la materia seca (*Carbon fraction of the dry matter*)
CH_4	Metano
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (*United Nations Framework Convention on Climate Change*)
CO_2	Dióxido de carbono
CO_{2e}	Dióxido de carbono equivalente
COS	Carbono Orgánico del Suelo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*)
FPIC	Consentimiento Libre, Previo e Informado (*Free, Prior and Informed Consent*)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)
LiDAR	Detección y Medición por Luz Láser (*Light Detection and Ranging*)
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MRV	Monitoreo, Reporte y Verificación
N_2O	Óxido Nitroso
QA/QC	Aseguramiento de la Calidad/Control de Calidad (*Quality Assurance/Quality Control*)
RMSE	Raíz del Error Cuadrático Medio (*Root Mean Square Error*)
SDGs	Objetivos de Desarrollo Sostenible (*Sustainable Development Goals*)
SDSs	Salvaguardas de Desarrollo Sostenible (*Sustainable Developmen Safeguards*)
SIG	Sistema de Información Geográfica
SOP	Procedimientos Operativos del Estándar (*Standard Operating Procedures*)

1 Introducción

Esta metodología proporciona a los titulares de proyecto los requisitos normativos, los procedimientos, los modelos, los parámetros y los datos necesarios para cuantificar y monitorear las reducciones y remociones de gases efecto invernadero (GEI) atribuibles a actividades que conservan, restauran o gestionan de manera sostenible ecosistemas de Carbono Azul. Estos ecosistemas incluyen manglares, marismas, praderas de pastos marinos y otros humedales intermareales que se caracterizan por altas tasas de remociones de carbono y almacenamiento a largo plazo de carbono en biomasa y suelos.

La metodología abarca aspectos relacionados con la definición de las actividades elegibles de Carbono Azul, los limites espaciales y temporales, los agentes y factores que impulsan la degradación o conversión de los ecosistemas, la identificación del escenario de línea base y la demostración de la adicionalidad, la cuantificación de las reducciones y remociones de emisiones, la gestión de la incertidumbre, la gestión de los riesgos y las fugas, las disposiciones sobre la no permanencia y el cumplimiento de las salvaguardias sociales y ambientales.

Esta metodología es aplicable a nivel global y no tiene limitaciones geográficas, siempre y cuando el área de Proyecto sea aplicable a las condiciones definidas en este documento.

Los titulares de proyecto que apliquen a esta metodología deberán dar cumplimiento a los requerimientos del BIOCARBON STANDARD y sus herramientas asociadas. Pueden ser propuestas desviaciones metodológicas, siempre y cuando estas cumplan con los principios planteados en la ISO 14064-2, la legislación nacional aplicable, y sean aprobadas por BIOCARBON previo a la validación.

Esta metodología deberá ser utilizada por titulares de proyectos de Carbono Azul para la certificación y registro bajo el BIOCARBON STANDARD.

2 Objetivos

El objetivo de esta metodología es proporcionar a los titulares de proyecto los requisitos, procedimientos y herramientas necesarios para:

(a) Cuantificar las reducciones y remociones de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) generadas por actividades de proyectos en ecosistemas de Carbono Azul, incluyendo manglares, marismas y praderas de pastos marinos;

(b) Establecer un escenario de línea base creíble y conservador que represente las emisiones y remociones esperadas en ausencia del proyecto;

(c) Demostrar la adicionalidad probando que las actividades del proyecto van más allá de las obligaciones legales, las prácticas y los escenarios habituales;

(d) Garantizar la integridad medioambiental mediante la contabilización exhaustiva de los reservorios de carbono pertinentes (biomasa aérea, biomasa subterránea y carbono orgánico del suelo) y, cuando sea significativo, de gases distintos del CO_2, como el CH_4 y el N_2O;

(e) Abordar los riesgos de permanencia requiriendo unas evaluación de riesgos y el establecimiento de una reserva para compensar posibles reversiones causadas por perturbaciones naturales o antropogénicas (por ejemplo del nivel del mar, tormentas, o erosión costera);

(f) Identificar y contabilizar las fugas que puedan derivarse del desplazamiento de actividades que afecten a otros ecosistemas costeros;

(g) Proveer requisitos para monitoreo, reporte y verificación (MRV) que permitan una cuantificación transparente, replicable y conservadora de los beneficios netos de GEI;

(h) Salvaguardar los beneficios sociales y medioambientales, incluyendo la conservación de la biodiversidad, la protección costera y los medios de vida sostenibles para las comunidades locales;

(i) Asegurar la coherencia con el BIOCARBON STANDARD, con las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero y con el *Suplemento de 2013 a las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero: Humedales* (en adelante, Suplemento de Humedales), así como con los requisitos nacionales;

(j) Facilitar la articulación de la contabilidad del proyecto con la contabilidad nacional, si aplica.

3 Alcance

Esta metodología aplica a las actividades de proyecto que reduzcan emisiones de gases efecto invernadero (GEI) o que mejoran la remoción de carbono, a través de la conservación, restauración o gestión sostenible de ecosistemas de Carbono Azul, incluyendo manglares, marismas, y praderas de pastos marinos. El alcance de esta metodología abarca lo siguiente.

3.1 Tipos de ecosistema

Bosques de manglares (incluida la biomasa aérea y subterránea, y los suelos), marismas, praderas de pastos marinos.

3.2 Actividades de proyecto

(a) Conservación de ecosistemas de Carbono Azul que se encuentren bajo amenaza de conversión o degradación;

(b) Restauración de ecosistemas degradados, incluyendo restauración hidrológica, revegetación, replantación; y,

(c) Prácticas de manejo sostenible que mejoren el almacenamiento de carbono a largo plazo y la resiliencia de los ecosistemas.

3.3 Reservorios de carbono considerados

(a) Biomasa aérea, biomasa subterránea (raíces) y carbono orgánico del suelo (COS) (Obligatorio)

(b) Madera muerta y hojarasca, cuando sean significativas y cuantificables (Opcional).

3.4 GHG incluidos

(a) Obligatorio: CO_2;

(b) Opcional (cuando sea pertinente): CH_4 y N_2O, especialmente en suelos inundados y humedales gestionados.

Esta metodología es aplicable a nivel global, sin restricciones geográficas, siempre que los ecosistemas cumplan las condiciones de elegibilidad y el proyecto se ajuste al BIOCARBON STANDARD y a la normativa nacional aplicable.

4 Versión y validez

Este documento constituye la Versión 1.0. Noviembre 7 de 2025

Este documento metodológico podrá ser actualizado periódicamente como parte del proceso de revisión y mejora continua. Los usuarios previstos deberán asegurarse de emplear la versión más reciente del documento al momento de iniciar un nuevo proyecto o someterse a validación. Los proyectos ya registrados podrán continuar aplicando la versión con la cual fueron validados, salvo que decidan adoptar voluntariamente una versión posterior publicada oficialmente

5 Condiciones de aplicabilidad

Esta metodología es aplicable a actividades de proyecto que cumplen las siguientes condiciones:

5.1 Tipo de ecosistema

(a) El área del Proyecto comprende ecosistemas de Carbono Azul, específicamente manglares, marismas, o praderas de pastos marinos;

(b) El área debe ser cartografiada y georreferenciada claramente, con una estratificación por tipo de ecosistema cuando proceda.

5.2 Actividades de proyecto

Las actividades elegibles incluyen:

(a) Conservación de ecosistemas existentes bajo amenaza de degradación y conversión;

(b) Restauración de ecosistemas degradados, incluyendo restauración hidrológica, revegetación y replantación;

(c) Prácticas de gestión sostenible que mantengan o aumenten las reservas de carbono.

Las actividades del proyecto no podrán implicar la conversión a gran escala de ecosistemas para otros usos del suelo, ni la introducción o fomento de especies exóticas, invasoras o potencialmente invasoras.

Las actividades de conservación, tal como se definen en la Sección 7, se refieren al mantenimiento y protección continua de ecosistemas de Carbono Azul existentes, como manglares, marismas y praderas marinas, que enfrentan una amenaza demostrable de degradación o conversión.

Las actividades de conservación deberán[1]:

(i) Abordar amenazas o factores de degradación o conversión claramente identificados, incluyendo, entre otros, drenaje, extracción no sostenible, expansión de la acuicultura o desarrollo costero;

(ii) Garantizar la protección legal y operativa del área de conservación mediante planes de manejo, acuerdos comunitarios o de cogestión, u otros mecanismos de gobernanza consistentes con la normativa nacional o regional aplicable; y

(iii) Mantener o fortalecer la capacidad a largo plazo del ecosistema para las remociones de GEI, la conservación de la biodiversidad y la resiliencia costera, mediante monitoreo continuo y manejo adaptativo durante todo el período de acreditación.

[1] Estos requisitos se encuentran alineados con el Suplemento de Humedales del IPCC 2013 (Vol. 4, Cap. 4) y con la norma ISO 14064-2:2019, garantizando que las actividades de conservación generen beneficios climáticos medibles, adicionales y duraderos.

5.3 Escenario de línea base

El área del proyecto deberá estar sujeta a un riesgo identificable de degradación o pérdida (por ejemplo, conversión a acuicultura, agricultura, infraestructura urbana u otros usos no asociados a humedales; alteración hidrológica; extracción no sostenible; erosión; contaminación).

Las áreas en las que no existe una amenaza o un riesgo creíble de degradación no son elegibles.

5.4 Cumplimiento legal y normativo

(a) Las actividades del Proyecto no estarán obligadas por ley o regulación;

(b) El titular del proyecto deberá demostrar derechos legalmente garantizados o protegidos para implementar las actividades y reclamar los beneficios de GEI asociados, incluyendo la tenencia, el acceso o los acuerdos formales.

5.5 Proyectos en áreas protegidas legalmente

La mera existencia de una designación como área protegida no deberá excluir la elegibilidad del proyecto ni bastará para demostrar adicionalidad.

La elegibilidad solo se establecerá cuando las actividades del proyecto superen sustancialmente los requisitos legales aplicables, cuando la autoridad competente participe en la estructura de gobernanza del proyecto y otorgue un consentimiento explícito por escrito, y cuando los beneficios climáticos resultantes sean medibles, reportables y verificables.

En consecuencia, los proyectos localizados en áreas protegidas legalmente pueden ser elegibles siempre que: (i) las acciones del proyecto no sean exigidas por ley ni superen sustancialmente ninguna obligación legal aplicable (excedente normativo); (ii) el escenario de línea base demuestre una degradación o pérdida continua o probable en ausencia del proyecto; (iii) la autoridad competente confirme que las acciones no están obligatorias y/o no están financiadas como parte de sus obligaciones legales; y (iv) se cumplan todos los demás requisitos de elegibilidad, adicionalidad y MRV de esta Metodología y el BIOCARBON STANDARD. Los créditos destinados a CORSIA o al uso del artículo 6 deberán cumplir con las normas específicas del programa (por ejemplo, autorización de la parte anfitriona, "dentro/fuera de NDC" y los ajustes correspondientes, cuando proceda).

En este contexto, los proyectos localizados en áreas protegidas legalmente podrán ser elegibles siempre que se cumplan todas las siguientes condiciones:

(a) Exceso normativo: las acciones del proyecto no son legalmente obligatorias ni exceden de manera significativa las obligaciones legales aplicables. El marco jurídico y las obligaciones específicas aplicables al ámbito del proyecto se identificarán y demostrarán en el documento del proyecto;

(b) Credibilidad de la línea base: el escenario de línea base muestra una degradación o pérdida continua o probable en ausencia del proyecto, respaldada por pruebas verificables (por ejemplo, teledetección, informes de campo, registros de cumplimiento o fuentes revisadas por pares/ fuentes legales);

(c) Participación y consentimiento de las autoridades: La autoridad administrativa competente del área protegida legalmente deberá (i) participar en la estructura de gobernanza del proyecto, contribuyendo a la toma de decisiones durante la formulación y ejecución del proyecto (sin la obligación de proporcionar recursos financieros), y (ii) proporcionar una declaración explícita por escrito que confirme su acuerdo con la ejecución del proyecto;

(d) Confirmación de la autoridad competente: una declaración escrita (o documentación oficial equivalente) de la autoridad administrativa competente que confirme que las medidas propuestas no son obligatorias ni están financiadas como parte de sus funciones legales, y que el proyecto no sustituye a gastos públicos ya comprometidos;

(e) Adicionalidad y MRV: Se cumplen todos los demás requisitos de elegibilidad, adicionalidad, cuantificación, monitoreo y verificación de esta Metodología y el BIOCARBON STANDARD, incluyendo fugas, permanencia y salvaguardias.

5.6 Salvaguardias ambientales y sociales

(a) El proyecto no causará impactos negativos sobre la biodiversidad, los servicios ecosistémicos o los medios de vida locales.

(b) Las actividades cumplirán con las Salvaguardias de Desarrollo Sostenible (SDSs) del BIOCARBON STANDARD y con las regulaciones ambientales y sociales nacionales.

5.7 Reservorios de carbono y GEI

La metodología solo es aplicable cuando las actividades del proyecto mantienen o mejoran al menos los siguientes reservorios de carbono: biomasa aérea, biomasa subterránea y carbono orgánico del suelo.

Los gases distintos del CO_2 (CH_4, N_2O) se incluirán si son significativos, según lo determinado por las directrices del IPCC.

5.8 Exclusiones

(a) Quedan excluidos los proyectos que dependan del drenaje de humedales, el dragado a gran escala u otras prácticas incompatibles con la integridad del ecosistema;

(b) No son elegibles los proyectos que utilicen biomasa no renovable o que generen fugas significativas fuera de los límites del proyecto.

6 Referencias normativas

Los siguientes documentos son parte integral de la aplicación de esta Metodología.

Todas las referencias deberán aplicarse en su versión más reciente vigente al momento de la validación o verificación del proyecto, salvo indicación en contrario por parte de BIOCARBON.

En caso de futuras actualizaciones de estas herramientas o estándares, los titulares del proyecto deberán adoptar las versiones revisadas conforme a las instrucciones del BIOCARBON STANDARD, incluso durante las etapas de reevaluación de la línea base y de revalidación.

6.1 Normativas y directrices aplicables

Para la aplicación de esta metodología se utilizarán las siguientes referencias externas e internas:

(a) El ESTÁNDAR BCR;

(b) Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (2006, 2019), vol. 4 – AFOLU;

(c) Legislación nacional aplicable en materia de GEI y normativa sobre el uso del suelo;

(d) Decisiones relevantes de la CMNUCC, la OACI-CORSIA (OACI, 2024)[2] y los mecanismos del artículo 6 del Acuerdo de París (CMNUCC, 2015)[3];

(e) ISO 14064-2 (ISO, 2019a) e ISO 14064-3 (ISO, 2019b), para la cuantificación y verificación de GEI a nivel de proyecto.

6.2 Herramientas BIOCARBON

Los titulares de proyectos deberán aplicar, según corresponda, las siguientes herramientas y procedimientos desarrollados en el marco del BIOCARBON STANDARD. Estos son normativos y vinculantes para la cuantificación, el seguimiento y el registro de las reducciones de emisiones en el marco de las actividades de carbono azul:

[2] Para su uso en el Esquema de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional (CORSIA), las unidades de emisión deberán cumplir con los requisitos de elegibilidad y antigüedad del programa CORSIA establecidos por las Reglas de BIOCARBON.

[3] Cuando los resultados de mitigación estén destinados a transferencia internacional en el marco del Artículo 6, el Documento de Proyecto y los Informes de Monitoreo deberán incluir: (i) la autorización de la Parte Anfitriona, (ii) la indicación del alcance "dentro/fuera de la NDC", y (iii) la evidencia de que la Parte Anfitriona aplicará los ajustes correspondientes, en coherencia con la Herramienta ADC de BIOCARBON y los procedimientos del registro.

(a) Herramienta de línea base y adicionalidad;

(b) Herramienta de Gestión de Permanencia y Riesgos;

(c) Herramienta de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV);

(d) Herramienta para el Enfoque Conservador y Manejo de la Incertidumbre;

(e) Herramienta para Evitar Doble Contabilidad;

(f) Herramienta de Salvaguardas de Desarrollo Sostenible (SDS);

(g) Herramienta de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

BIOCARBON puede publicar herramientas, directrices técnicas o procedimientos adicionales que pasarán a ser obligatorios en el momento de su publicación. Estos se enumerarán en el sitio web oficial de BIOCARBON y se comunicarán a los titulares de los proyectos.

7 Términos y definiciones

Los siguientes términos se utilizan a lo largo de esta Metodología. A menos que se especifique lo contrario, las definiciones se ajustan al BIOCARBON STANDARD, las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (2006, 2019) y las normas ISO 14064-2 (ISO, 2019ª) y 14064-3 (ISO, 2019b). En caso de conflicto, prevalecerán las definiciones proporcionadas en el BIOCARBON STANDARD y sus herramientas asociadas.

Adicionalidad

La característica de una actividad de mitigación de GEI mediante la cual se generan reducciones o remociones de emisiones que no habrían ocurrido en ausencia del proyecto.

La adicionalidad deberá demostrarse de conformidad con la Herramienta de Línea Base y Adicionalidad de BIOCARBON.

Fuente: Adaptado de la norma ISO 14064-2 y el glosario del MDL.

Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)

El sector que comprende las emisiones o remociones de gases de efecto invernadero atribuibles a las actividades de proyectos en la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra.

Área legalmente protegida

Espacio geográficamente definido, designado formalmente en virtud de la legislación nacional o subnacional para la conservación de la biodiversidad, los ecosistemas o los recursos naturales, en el que se establecen restricciones jurídicamente vinculantes sobre el uso de la tierra, la extracción de recursos o las prácticas de gestión, y que son aplicables por parte de una autoridad competente.

La mera designación de un área protegida legalmente no garantiza por sí sola resultados de conservación eficaces, y los proyectos deberán demostrar el cumplimiento de todos los requisitos aplicables de la presente Metodología.

Áreas elegibles

Áreas dentro de los límites del proyecto que consisten en manglares, marismas mareales o praderas marinas elegibles bajo esta metodología.

Las áreas elegibles deberán estar claramente georreferenciadas, demostrar la presencia o el potencial de restauración de ecosistemas de Carbono Azul al inicio de las actividades del proyecto, y cumplir con todos los requisitos legales, ecológicos y metodológicos del BIOCARBON STANDARD.

Área del proyecto

Área geográfica bajo la autoridad legal o el control del titular del proyecto, dentro de la cual se implementan las actividades de Carbono Azul y se cuantifican y monitorean las reducciones de emisiones y/o las remociones de GEI.

El área del proyecto deberá:

(a) Consistir en uno o más ecosistemas costeros elegibles, incluyendo manglares, marismas o praderas de pastos marinos;

(b) Estar claramente delimitada y georreferenciada utilizando SIG, imágenes satelitales o datos espaciales equivalentes;

(c) Incluir actividades de restauración, conservación o gestión sostenible que generen directamente beneficios climáticos;

(d) Excluir las áreas en las que la conservación ya es obligatoria por ley y en las que no se pueden demostrar resultados de mitigación adicionales.

El área del proyecto puede incluir múltiples polígonos, siempre que cada uno de ellos cumpla todos los criterios de elegibilidad y esté justificado como parte del alcance del proyecto.

Fuente: Adaptado del BIOCARBON STANDARD y el Suplemento de humedales del IPCC de 2013.

Biomasa renovable

A los efectos de la presente metodología, la biomasa renovable se definirá, de conformidad con la Junta Ejecutiva del MDL (EB23, anexo 18), como la biomasa que cumple una de las siguientes condiciones:

(a) Biomasa procedente de tierras forestales que siguen siendo bosques, gestionadas de forma sostenible y de conformidad con la normativa forestal nacional o regional.

(b) Biomasa leñosa procedente de tierras de cultivo y/o pastizales, donde la tierra sigue siendo tierra de cultivo o pastizal (o vuelve a ser bosque), gestionada de forma sostenible y de conformidad con la normativa aplicable.

(c) Biomasa no leñosa procedente de tierras de cultivo y/o pastizales, en las que la tierra sigue siendo tierra de cultivo o pastizal (o vuelve a ser bosque), gestionada de forma sostenible y de conformidad con la normativa aplicable.

(d) Residuos de biomasa, subproductos o corrientes de residuos procedentes de la agricultura, la silvicultura y las industrias relacionadas, siempre que su uso no reduzca los reservorios de carbono (por ejemplo, madera muerta, hojarasca, carbono orgánico del suelo) en las zonas terrestres de donde proceden.

(e) La fracción no fósil de los residuos industriales o municipales.

Nota: Esta definición se incluye para garantizar la coherencia en el tratamiento de la biomasa dentro de las metodologías del BIOCARBON STANDARD. Aclara que solo se puede utilizar biomasa renovable en las actividades del proyecto, lo que evita impactos negativos en los reservorios de carbono existentes (por ejemplo, carbono orgánico del suelo, madera muerta, hojarasca) y evita riesgos de fuga o no permanencia. En el caso de los proyectos de carbono azul, el requisito se aplica a cualquier biomasa utilizada en actividades de restauración, conservación o actividades asociadas al proyecto.

Carbono Azul

A los efectos de esta metodología, el carbono azul se definirá como el carbono capturado por organismos vivos en ecosistemas costeros (por ejemplo, manglares, marismas y praderas de pastos marinos) y ecosistemas marinos, y almacenado en biomasa y sedimentos (IPCC, 2018; IPCC, 2022).

Carbono orgánico del suelo (COS)

El carbono orgánico del suelo (COS) es el componente de carbono de la materia orgánica del suelo, incluido el carbono almacenado en los residuos vegetales y animales en descomposición, los organismos del suelo y las sustancias sintetizadas por la biota del suelo. En los ecosistemas de carbono azul, el COS representa la reserva de carbono dominante,

almacenada en sedimentos anaeróbicos y anegados, y se cuantificará siguiendo las Directrices del IPCC de 2006, el Suplemento de humedales de 2013 y la Revisión de 2019.

Conservación

La conservación se refiere al mantenimiento y la protección continua de los ecosistemas de Carbono Azul existentes, como manglares, marismas y praderas marinas, que enfrentan un riesgo demostrable de degradación o conversión. Implica acciones de manejo, monitoreo y protección proactiva, diseñadas para prevenir la pérdida de reservas de carbono, del carbono orgánico del suelo y de las funciones y servicios ecosistémicos asociados.

Fuente: IPCC 2013 Suplemento de Humedales; IPCC, Refinamiento de 2019; ISO 14064-2:2019.

Crédito de Carbono Verificado (CCV)

Un crédito de carbono verificado (CCV) es una unidad serializada equivalente a una tonelada métrica de reducciones o remociones de emisiones de CO_2 equivalente que ha sido verificada y emitida bajo el BIOCARBON STANDARD, lo que garantiza su singularidad, trazabilidad e integridad medioambiental.

Datos de actividad

Datos que representan el alcance de las actividades humanas o naturales que causan emisiones o remociones de GEI. En los proyectos de carbono azul, los datos de actividad se refieren a cambios medibles en el estado o el alcance de los ecosistemas costeros (por ejemplo, manglares, marismas o praderas de pastos marinos), como el área ganada o perdida, el progreso de la restauración o los niveles de degradación. Estos datos pueden obtenerse a partir de imágenes satelitales, fotografías aéreas, monitoreo hidrológico, muestreo de suelos y biomasa u otras fuentes verificables.

Fuente: Adaptado de las Directrices del IPCC y la herramienta MRV de BIOCARBON (2025d).

Escenario de línea base

Escenario de línea base que representa de manera razonable los cambios previstos en los reservorios de carbono (emisiones o remociones) dentro del área del proyecto en ausencia de la actividad del proyecto de carbono azul. La línea base reflejará la trayectoria más plausible de pérdida, degradación o no restauración del ecosistema, basándose en pruebas históricas, factores identificados y la dinámica prevista del paisaje terrestre y marino.

En los proyectos de carbono azul, el escenario de línea base puede incluir:

(a) La conversión de manglares, marismas o praderas de pastos marinos en acuicultura, agricultura o infraestructura urbana;

(b) El drenaje o la alteración hidrológica que conduce a la pérdida de carbono orgánico del suelo (COS);

(c) La erosión costera progresiva o el hundimiento del terreno;

(d) La extracción insostenible continuada de madera de manglar u otros recursos;

(e) La ausencia de intervención en humedales degradados, lo que da lugar a una recuperación natural limitada.

La línea base se establecerá utilizando la Herramienta de Línea Base y Adicionalidad de BIOCARBON (BioCarbon Cert, 2025c) y de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006, el Suplemento de humedales de 2013 (IPCC, 2014) y la Revisión de 2019.

Factor de emisión

Coeficiente que cuantifica las emisiones o remociones de GEI por unidad de datos de actividad, normalmente expresado en tCO_2e por hectárea. Los factores de emisión se derivarán de fuentes fiables, como publicaciones revisadas por pares, inventarios nacionales de GEI o mediciones directas sobre el terreno, y se seleccionarán de forma conservadora.

Los factores de emisión se combinan con los datos de actividad para calcular las emisiones y las remociones, de acuerdo con las directrices del IPCC.

Fuente: IPCC 2019, ISO 14064-2 2019.

Fecha de inicio del proyecto

La fecha de inicio del proyecto es el momento en que se lleva a cabo la primera actividad física destinada a generar reducciones o remociones de emisiones de GEI en los ecosistemas de carbono azul, como la restauración hidrológica, la replantación o las intervenciones de conservación.

Fracción de carbono

Toneladas de carbono por tonelada de biomasa seca, en el caso de los proyectos AFOLU.

Fuente, sumidero o reservorio de carbono

Una fuente es cualquier proceso o actividad que libera GEI a la atmósfera; un sumidero es cualquier proceso, actividad o mecanismo que elimina GEI de la atmósfera; y un reservorio de carbono es un depósito que almacena carbono. En los proyectos de carbono azul, los reservorios relevantes incluyen la biomasa aérea y subterránea, el carbono orgánico del suelo en los sedimentos y, cuando corresponda, la materia orgánica muerta.

Fugas

Aumento medible y atribuible de las emisiones de GEI que se produce fuera de los límites del proyecto como resultado de la implementación de las actividades del proyecto de carbono azul. Las fugas pueden producirse cuando las presiones humanas o el uso de los recursos se desplazan a otras zonas costeras o marinas debido a restricciones o intervenciones dentro de la zona del proyecto.

En los proyectos de Carbono Azul, las posibles fuentes de fuga incluyen:

(a) Desplazamiento de la acuicultura o la agricultura a zonas costeras o humedales adyacentes;

(b) Aumento de la extracción de madera de manglares o de recursos no madereros en zonas vecinas;

(c) Desplazamiento de la presión de la pesca o la extracción de recursos a ecosistemas fuera de los límites del proyecto;

(d) Reubicación de infraestructuras costeras u obras de drenaje que afectan negativamente a los ecosistemas cercanos.

Las fugas se identificarán, supervisarán y cuantificarán de acuerdo con la herramienta MRV de BIOCARBON. Cuando la cuantificación no sea factible, se aplicarán factores de deducción conservadores para garantizar la integridad medioambiental.

Fuente: Adaptado de las Directrices del IPCC y la herramienta MRV de BioCarbon 2025d.

Fuga significativa

Se refiere a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que ocurren fuera de los límites del proyecto como resultado de sus actividades, y que son lo suficientemente grandes como para afectar de manera sustantiva los beneficios netos de GEI del proyecto o su integridad ambiental.

Las fugas significativas deberán identificarse, cuantificarse y descontarse de las reducciones o remociones verificadas de acuerdo con esta metodología.

Fuente: Adaptado de las Directrices IPCC 2006 para los Inventarios Nacionales de GEI, Volumen 4, Capítulo 5; e ISO 14064-2:2019.

Humedales

Los humedales son ecosistemas saturados de agua de forma permanente o estacional, incluidos los manglares, las marismas y las praderas marinas, donde el anegamiento crea condiciones anaeróbicas que favorecen el almacenamiento de carbono a largo plazo en los

suelos y sedimentos. A los efectos de la presente metodología, los humedales se definirán de conformidad con la Convención de Ramsar (1987) y las Directrices del IPCC (2006, Suplemento de humedales de 2013, Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (en adelante, Refinamiento de 2019).

Incertidumbre

La incertidumbre es el grado de imprecisión asociado a la cuantificación de las emisiones o remociones de GEI en los proyectos de carbono azul, que se deriva de las limitaciones de los datos, los modelos, los métodos de muestreo o las técnicas de medición, y se evaluará y abordará de forma conservadora de acuerdo con las directrices del IPCC y la herramienta de evaluación de la incertidumbre de BIOCARBON.

Límites del proyecto

Los límites del proyecto definen el área geográfica, el período de cuantificación y los reservorios de carbono y GEI incluidos en la evaluación de las actividades de carbono azul. Abarca los manglares, las marismas o las praderas de pastos marinos comprendidas en el proyecto, documentadas con mapas georreferenciados; el alcance temporal del seguimiento y la cuantificación; y la contabilización de la biomasa aérea, la biomasa subterránea, el carbono orgánico del suelo y, cuando sea significativo, el CH_4 y el N_2O, de conformidad con los requisitos del BIOCARBON STANDARD y las directrices del IPCC.

Manejo sostenible

El manejo sostenible se refiere a las prácticas planificadas que mantienen o mejoran las reservas de carbono y las funciones ecológicas de los ecosistemas de Carbono Azul a lo largo del tiempo, garantizando que el uso de los recursos no exceda su capacidad de regeneración ni comprometa la integridad del ecosistema. Ejemplos incluyen el aprovechamiento comunitario sostenible de madera o productos del manglar, cierres rotativos de zonas de pesca o el pastoreo controlado en marismas. El manejo sostenible deberá demostrar estabilidad a largo plazo de las remociones de GEI, cumplimiento de la normativa ambiental y beneficios sociales y ecológicos medibles.

Fuente: IPCC 2006 Directrices (Vol. 4, AFOLU, Cap. 4 Sección 4.1.3); IPCC 2013 Suplemento de Humedales; ISO 14064-2:2019.

Uso sostenible (Aprovechamiento sostenible)

El uso sostenible se refiere al aprovechamiento de los recursos naturales dentro de los ecosistemas de Carbono Azul de forma y a un ritmo que permita mantener su potencial para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras, al tiempo que conserva las reservas de carbono y las funciones ecosistémicas.

Fuente: Convención de Ramsar (1987); Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992); IPCC 2013 Suplemento de Humedales.

Manglares

Los manglares son bosques intermareales dominados por especies de árboles y arbustos tolerantes a la sal, adaptados a aguas salobres y salinas. Se encuentran a lo largo de costas tropicales y subtropicales protegidas, estuarios, lagunas y deltas fluviales, y se caracterizan por su alta productividad y su considerable almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y subterránea y en los suelos anegados.

Fuente: IPCC, 2013 Suplemento de humedales; Convención de Ramsar, 1987.

Marismas

Las marismas son humedales costeros situados en la zona intermareal, inundados periódicamente por las mareas y dominados por vegetación herbácea, como gramíneas, juncos y espadañas. Son ecosistemas muy productivos que acumulan materia orgánica y almacenan grandes cantidades de carbono orgánico del suelo en condiciones anaeróbicas.

Fuente: IPCC, 2013 Suplemento de Humedales; Convención de Ramsar, 1987.

Periodo de cuantificación

El período de cuantificación es el intervalo de tiempo durante el cual se calculan las reducciones de emisiones y/o las remociones de GEI derivadas de las actividades de carbono azul para la emisión de créditos, en consonancia con la fecha de inicio del proyecto y la validez del escenario de línea base, y puede incluir varios períodos de monitoreo.

Período de monitoreo

El período de monitoreo es el intervalo de tiempo definido durante el cual se recopilan y verifican los datos para cuantificar las reducciones o remociones de emisiones de GEI derivadas de las actividades de Carbono Azul, de conformidad con el Documento del Proyecto y el BIOCARBON STANDARD.

Permanencia

La permanencia se refiere al mantenimiento a largo plazo de las reducciones y remociones de emisiones de GEI generadas por las actividades de carbono azul, garantizando que el carbono acreditado almacenado en la biomasa y los suelos no se libere de nuevo a la atmósfera debido a perturbaciones naturales o inducidas por el ser humano.

Praderas de pastos marinos

Las praderas de pastos marinos son ecosistemas marinos sumergidos formados por plantas con raíces y flores (angiospermas), que desarrollan densas praderas submarinas en aguas costeras poco profundas. Estabilizan los sedimentos, mejoran la calidad del agua, proporcionan un hábitat para la biodiversidad marina y almacenan carbono principalmente en sus sistemas de raíces y rizomas y en los sedimentos asociados.

Fuente: IPCC, 2013 Suplemento de Humedales; Convención de Ramsar 1987.

Proyecto de GEI (proyecto de gases de efecto invernadero)

Actividad o actividades que alteran las condiciones de una línea de base de GEI y que provocan reducciones de las emisiones de GEI o mejoras en la remoción de GEI.

FUENTE: ISO 14064-3:2019(en), 3.4.1

Reducciones de emisiones de GEI

La disminución cuantificada de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero atribuibles a la implementación de las actividades del proyecto, medida en comparación con un escenario de línea base conservador y creíble. Las reducciones de emisiones deberán ser reales, adicionales, medibles, permanentes y verificadas de acuerdo con el BIOCARBON STANDARD.

Rehabilitación

La rehabilitación se refiere a las acciones que mejoran la condición o funcionalidad de un ecosistema sin necesariamente devolverlo a su estado original. En proyectos de Carbono Azul, la rehabilitación puede incluir la reconexión parcial de la hidrología, la regeneración asistida de vegetación o la mejora de hábitats donde la restauración completa no sea factible.

Fuente: IPCC 2013 Suplemento de Humedales (Sección 4.4.2); IUCN Definición de Restauración de Ecosistemas (2021).

Reservorios de carbono

Los componentes de un ecosistema costero o marino donde se almacena el carbono. Los reservorios relevantes en esta metodología incluyen:

(a) Biomasa aérea: carbono almacenado en la vegetación viva por encima de la superficie del suelo o los sedimentos (por ejemplo, manglares, pastos de marisma).

(b) Biomasa subterránea: carbono almacenado en las raíces y rizomas de los manglares, las plantas de marisma y las praderas de pastos marinos.

(c) Carbono orgánico del suelo (COS): carbono almacenado en suelos y sedimentos, a

menudo el mayor depósito en los ecosistemas de carbono azul.

(d) Madera muerta y hojarasca: necromasa y detritus orgánicos, que pueden ser significativos en los sistemas de manglares.

Los reservorios de carbono solo pueden excluirse si su exclusión está técnicamente justificada y da lugar a estimaciones más conservadoras de las reducciones y remociones netas de emisiones de GEI.

Fuente: Directrices del IPCC de 2006; Suplemento de humedales del IPCC de 2013; Herramienta MRV de BioCarbon (2025d).

Restauración

La restauración se refiere al proceso de restablecer la estructura, función y capacidad de remoción de GEI de los ecosistemas de Carbono Azul degradados, mediante intervenciones hidrológicas, vegetativas y ecológicas. Las actividades de restauración pueden incluir la apertura de diques, la reconexión de mareas, la gestión de sedimentos y el restablecimiento de vegetación nativa. El objetivo es devolver al ecosistema una condición capaz de sostener remociones de GEI y la provisión continua de servicios ecosistémicos.

Fuente: IPCC 2013 Suplemento de Humedales (Sección 4.4.2); IPCC, Refinamiento de 2019; Convención de Ramsar (1987).

Salvaguardas

Las salvaguardas son las medidas sociales, medioambientales y de gobernanza establecidas para prevenir impactos adversos y garantizar que las actividades del proyecto Blue Carbon respeten los derechos humanos, la biodiversidad, los valores culturales y la distribución equitativa de los beneficios, de conformidad con la Herramienta de Salvaguardas de Desarrollo Sostenible (SDS) del BIOCARBON STANDARD.

Suelos orgánicos

Los suelos orgánicos son suelos con un alto contenido de carbono orgánico, normalmente ≥12 % en peso, formados en condiciones de mal drenaje y saturación de agua, como turberas, manglares y marismas. Estos suelos almacenan grandes cantidades de carbono en condiciones anaeróbicas y son muy vulnerables a las emisiones de GEI cuando se drenan, degradan o convierten. A los efectos de esta metodología, los suelos orgánicos se identificarán y contabilizarán siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 y el Suplemento de humedales de 2013.

Titular del proyecto

El titular del proyecto es la persona jurídica o física con control operativo sobre el área del proyecto y el derecho a reclamar, registrar y transferir reducciones o remociones de emisiones de GEI, demostrando el cumplimiento de todos los requisitos legales, técnicos y programáticos aplicables en virtud del BIOCARBON STANDARD.

8 Reservorios de carbono y fuentes de emisiones

En esta sección se describen los reservorios de carbono y las fuentes de emisión de GEI que deberán tenerse en cuenta para cuantificar las reducciones y remociones de GEI con arreglo a la presente metodología. La selección de los reservorios de carbono deberá ajustarse a los principios del IPCC y justificarse con base en el principio de prudencia y en las condiciones específicas del proyecto.

8.1 Reservorios de carbono

La selección de los reservorios de carbono deberá ser coherente entre los escenarios de línea base y de proyecto. Cualquier reservorio excluido de la línea base también se excluirá del escenario de proyecto, a menos que se justifique por el riesgo de sobreestimación. Los reservorios de carbono que se cuantificarán dentro de los límites del proyecto se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Reservorios de carbono seleccionados para el cálculo de los cambios en las reservas de carbono

Reservorio de carbono	Escenario de línea base	Escenario de proyecto	Justificación/Explicación
Biomasa aérea	Incluido	Incluido	Significativo en manglares y marismas mareales; obligatorio en ambos escenarios.
Biomasa subterránea	Incluido	Incluido	Las raíces de los manglares, marismas y pastos marinos representan un reservorio de carbono considerable; obligatorio en ambos escenarios.
Carbono orgánico del suelo (COS)	Incluido	Incluido	Reservorio de carbono dominante en los ecosistemas de Carbono Azul; requerido en ambos escenarios, medido conforme al Suplemento de Humedales del IPCC (2013)
Madera muerta y hojarasca	Opcional	Opcional	Relevante principalmente en manglares; puede excluirse si se justifica de manera conservadora y se demuestra que es insignificante.

8.2 Fuentes de emisiones

Las fuentes de emisiones de GEI consideradas en esta metodología son aquellas que resultan de la pérdida, degradación o conversión de los ecosistemas de carbono azul, así como las actividades relacionadas con el proyecto que pueden generar emisiones de GEI. Estas fuentes se contabilizarán de manera coherente tanto en el escenario de referencia como en el escenario del proyecto.

Las fuentes de emisión y los GEI asociados seleccionados para la contabilización se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Fuentes de emisión y GEI seleccionados para su contabilización

Fuente	GEI	Seleccionado (Sí/No)	Justificación/Explicación
Drenaje o alteración hidrológica	CO_2	Si	Los humedales drenados y las alteraciones en los flujos de marea liberan carbono orgánico del suelo (COS) en forma de CO_2.
Descomposición de suelos/sedimentos perturbados	CO_2, CH_4, N_2O	Si	Las perturbaciones, la erosión o la conversión movilizan el COS y pueden generar CH_4 y N_2O.
Quema de biomasa (si hay fuego)	CH_4, N_2O	Si	Aunque poco frecuentes, los incendios en manglares pueden emitir CH_4 y N_2O; deberán incluirse cuando estén documentados. El CO_2 se contabiliza a través del cambio en las reservas de carbono.
Consumo de combustible para las actividades del proyecto	CO_2	Sí (si es significativo)	Las emisiones de CO_2 derivadas del uso de combustibles fósiles en las actividades de restauración, plantación, monitoreo y transporte deberán incluirse cuando se consideren significativas.
Fugas relacionadas con desplazamiento	CO_2, CH_4, N_2O	Sí (si es significativo)	Desplazamiento de actividades (por ejemplo, acuicultura, recolección de leña, presión pesquera) fuera del límite del proyecto.

Las emisiones de GEI de cada fuente deberán cuantificarse utilizando métodos coherentes con las directrices del IPCC (Directrices de 2006, Suplemento de Humedales de 2013 y Refinamiento de 2019) y con la Herramienta de MRV de BioCarbon (2025d). Deberán emplearse los datos más precisos disponibles, aplicando métodos de Nivel 2 o Nivel 3 cuando sea factible, o aplicando valores predeterminados conservadores con la debida justificación cuando no se disponga de datos de niveles superiores.

Las fuentes de emisión deberán incluirse de manera coherente tanto en el escenario de línea base como en el escenario del proyecto. Cualquier exclusión deberá ser conservadora y estar debidamente justificada en el Documento del Proyecto.

Los valores predeterminados para COS, CH_4 y N_2O podrán tomarse del anexo 1 cuando no se disponga de datos específicos del proyecto.

9 Límites espaciales y temporales

Esta sección define los límites espaciales y temporales dentro de los cuales deberán cuantificarse las reducciones de emisiones de GEI conforme a la presente Metodología. Los límites deberán documentarse y justificarse claramente en el Documento del Proyecto, de acuerdo con las definiciones establecidas en la Sección 7..

9.1 Límites geográficos

El límite geográfico deberá incluir toda la extensión del ecosistema de Carbono Azul comprendido en el proyecto, documentado mediante mapas y coordenadas georreferenciadas. Los titulares del proyecto deberán considerar los posibles cambios dinámicos en el límite causados por procesos naturales como el aumento del nivel del mar, la erosión, la acreción o las variaciones hidrológicas, y describir cómo se abordan dichos cambios en el monitoreo.

Los proyectos que involucren restauración transicional entre ambientes terrestres y marino-costeros, como la reconexión de antiguos estanques de acuicultura o áreas polderizadas, son elegibles bajo esta metodología. Los titulares del proyecto deberán definir los límites geográficos y las etapas hidrológicas de forma coherente con el proceso progresivo de restauración, y demostrar cómo se mantiene la permanencia y la contabilidad de carbono a medida que el ecosistema retorna a condiciones mareales naturales. El enfoque técnico adoptado deberá documentarse en el Documento del Proyecto y evaluarse mediante la Herramienta de Permanencia y Riesgo de BIOCARBON.

Para la elegibilidad y la credibilidad de la línea base, el titular del proyecto deberá presentar un análisis histórico documentado sobre la extensión y condición del ecosistema que cubra un periodo mínimo de referencia de 10 años previos a la fecha de inicio del proyecto.

El análisis deberá demostrar las tendencias históricas en la dinámica terrestre o marina-costera, los procesos de degradación o las presiones de conversión relevantes para el escenario de línea base.

Las fuentes de información (por ejemplo, conjuntos de datos oficiales, series temporales de teledetección o estudios revisados por pares) y los métodos analíticos deberán describirse en detalle, garantizando la consistencia con la Herramienta de Línea Base y Adicionalidad de BIOCARBON.

Este requisito respalda la elegibilidad conforme a la Sección 5 y la credibilidad del escenario de línea base.

9.2 Límites temporales

La fecha de inicio del proyecto será aquella en la que se implemente la primera actividad física relacionada con la conservación, restauración o manejo del ecosistema de Carbono Azul. El período de cuantificación tendrá una duración máxima de veinte (20) años, renovable una vez, para una duración total máxima del proyecto de cuarenta (40) años.

9.3 Reservorios de carbono y GEI

Los siguientes reservorios de carbono y gases de efecto invernadero (GEI) deberán considerarse dentro de los límites del proyecto:

(a) Reservorios obligatorios: biomasa aérea, biomasa subterránea y carbono orgánico del suelo (COS).

(b) Reservorios opcionales: madera muerta y hojarasca, cuando sean significativos.

(c) Gas obligatorio: CO_2.

(d) Gases distintos del CO_2: CH_4 y N_2O deberán incluirse cuando sean significativos, conforme a lo determinado en las Directrices del IPCC de 2006 y el Suplemento de Humedales de 2013.

10 Actividades de proyecto

10.1 Descripción de las actividades

Las actividades del proyecto deberán consistir en intervenciones destinadas a conservar, restaurar o manejar de manera sostenible los ecosistemas de Carbono Azul, incluidos los manglares, las marismas mareales y los pastos marinos.

Para los fines de la presente metodología, el término *ecosistemas de Carbono Azul* se refiere a los ecosistemas costeros y marinos altamente eficaces en la captura y almacenamiento de carbono tanto en la biomasa como en los suelos. Estos ecosistemas incluyen los manglares, las marismas mareales y los pastos marinos, cada uno definido a continuación. En conjunto, representan el ámbito principal de aplicación de esta metodología y son reconocidos por el Suplemento de Humedales del IPCC (2013) y la Convención de Ramsar (1987) como ecosistemas fundamentales para la mitigación y adaptación al cambio climático, así como para la conservación de la biodiversidad.

El Documento del Proyecto deberá describir en detalle el tipo, la ubicación y el plan de implementación de las actividades, incluyendo las partes interesadas involucradas y los impactos esperados sobre las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI).

10.2 Actividades elegibles

Las siguientes actividades son elegibles bajo la presente metodología:

(a) Conservación de ecosistemas existentes que se encuentren en riesgo de degradación o conversión (por ejemplo, prevención del drenaje de marismas mareales, restricción del aprovechamiento no sostenible en manglares, evitación de la pérdida de cobertura o de la conversión de pastos marinos en áreas de acuicultura).

(b) Restauración, incluyendo:

i) Restauración hidrológica, como el rompimiento de diques, la eliminación de barreras o el restablecimiento del intercambio mareal en humedales degradados.

Revegetación y replantación de manglares, pastos marinos o gramíneas de marisma con especies nativas apropiadas,

Manejo de sedimentos cuando sea necesario para promover la recolonización natural y la estabilidad del ecosistema.

Manejo sostenible, que incluya prácticas orientadas a mantener o mejorar el almacenamiento de carbono a largo plazo, la salud del ecosistema y su resiliencia, tales como la recolección comunitaria de madera de manglar dentro de límites sostenibles, los cierres rotativos de zonas de pesca o el pastoreo regulado en marismas salinas.

10.3 Actividades excluidas

Las siguientes actividades no son elegibles:

(a) Conversión de humedales o zonas costeras para acuicultura, agricultura o infraestructura;

(b) Introducción o promoción de especies exóticas o invasoras, incluidas aquellas especies nativas que se tornen invasoras bajo condiciones ecológicas alteradas;

(c) Dragados, drenajes o actividades a gran escala que reduzcan de manera permanente la capacidad del ecosistema para acumular o almacenar carbono.

(d) Actividades exigidas por ley o reglamento que no demuestren adicionalidad, es decir, aquellas que se realizarían de todos modos para cumplir con un mandato legal, sin generar reducciones o remociones adicionales de GEI atribuibles al proyecto.

11 Análisis de impulsores y agentes

11.1 Requisito para la identificación de impulsores y agentes

Los titulares de los proyectos deberán identificar y analizar los impulsores directos y subyacentes de la degradación o pérdida de los ecosistemas de carbono azul, así como los agentes responsables. Este análisis deberá proporcionar la base técnica para el escenario de línea base, la demostración de adicionalidad y la evaluación de los riesgos de fuga.

11.2 Impulsores directos de degradación y pérdida

Los siguientes son impulsores directos comunes que afectan a los manglares, las marismas y las praderas de pastos marinos:

(a) Conversión a la acuicultura (por ejemplo, criaderos de camarones o peces);

(b) Expansión agrícola en las tierras bajas costeras y los humedales drenados;

(c) Urbanización y desarrollo de infraestructuras, incluidos puertos, carreteras, instalaciones turísticas y emplazamientos industriales;

(d) Alteraciones hidrológicas, como la construcción de diques, la canalización o el drenaje, que restringen el flujo mareal y la deposición de sedimentos;

(e) Sobreexplotación de madera y otros recursos de manglares y marismas para combustible, carbón vegetal o materiales de construcción;

(f) Erosión costera y la extracción de sedimentos (por ejemplo, la extracción de arena) que provocan la pérdida de carbono orgánico del suelo (COS);

(g) Contaminación y eutrofización, especialmente por carga excesiva de nutrientes provenientes de la agricultura aguas arriba y de aguas residuales sin tratar;

(h) Daños por hélices de embarcaciones y dragado que afectan los pastos marinos.

11.3 Impulsores subyacentes

Los impulsores subyacentes que intensifican las presiones incluyen:

(a) Crecimiento poblacional en las zonas costeras;

(b) Demanda económica de productos de acuicultura y de tierras costeras;

(c) Aplicación deficiente de las regulaciones ambientales;

(d) Falta de medios de vida alternativos para las comunidades costeras;

(e) Impactos del cambio climático, incluidos el aumento del nivel del mar y los eventos meteorológicos extremos;

11.4 Agentes responsables

Los principales agentes asociados a estos impulsores incluyen:

(a) Operadores de acuicultura (industriales y de pequeña escala);

(b) Productores agrícolas que se extienden hacia los humedales costeros;

(c) Desarrolladores y empresas de infraestructura (puertos, turismo, expansión urbana);

(d) Comunidades locales que se dedican a la recolección de madera de manglar, peces y otros recursos con fines de subsistencia o comerciales;

(e) Autoridades gubernamentales o municipales que promueven el drenaje, la recuperación de tierras o el desarrollo en zonas costeras.

11.5 Documentación

El documento del Proyecto deberá:

(a) Proveer evidencia (mapas, imágenes satelitales, estudios de campo, bibliografía o datos gubernamentales) de la presencia y los impactos de los impulsores y los agentes.

(b) Describir cómo estos impulsores y agentes influyen en el escenario de línea base y pueden contribuir a las fugas fuera de los límites del proyecto.

(c) Explicar en qué medida las actividades del proyecto abordan o mitigan cada uno de los impulsores.

12 Cuantificación de las reducciones de emisiones de GEI a partir de las actividades de carbono azul

La cuantificación deberá ser conservadora, transparente y basarse en métodos científicos reconocidos. Deberán incluirse todos los reservorios de carbono y GEI pertinentes identificados en la sección 9.3, y deberán contabilizarse los mismos reservorios y gases tanto en el escenario de línea base como en el escenario con proyecto, a fin de garantizar la coherencia y evitar sobreestimaciones.

12.1 Datos de actividad

Los datos de actividad representan la magnitud cuantitativa de las actividades humanas o naturales que generan emisiones o remociones de GEI. En los proyectos de Carbono Azul, los

datos de actividad deberán incluir los cambios medibles en la extensión, condición o manejo de los manglares, las marismas mareales y los pastos marinos.

Las formas aceptables de datos de actividad incluyen, entre otras:

(a) Cambios en el área del ecosistema: hectáreas de ecosistema perdidas, conservadas o restauradas;

(b) Intervenciones de restauración y manejo: hectáreas replantadas, barreras hidrológicas eliminadas, flujos de marea restaurados;

(c) Indicadores de condición: cobertura del dosel, densidad de la vegetación, densidad de brotes de pastos marinos;

(d) Parámetros hidrológicos: nivel del agua, salinidad, frecuencia de inundación;

(e) Registros de perturbaciones: área afectada por conversión a acuicultura, erosión, daños por tormentas o aprovechamiento no sostenible.

Los datos de actividad deberán obtenerse de fuentes verificables, entre ellas:

(a) Teledetección (imágenes satelitales como Landsat, Sentinel o Planet; fotografías aéreas; drones, etc.);

(b) Análisis de los cambios en la cobertura y el uso del suelo basado en SIG;

(c) Estudios de campo (parcelas de vegetación, muestreo de suelos, seguimiento hidrológico);

(d) Registros oficiales (permisos, tenencia de la tierra, acuerdos de manejo);

(e) Sistemas de monitoreo participativo y comunitario.

Todos los datos de actividad deberán ser:

(a) Georreferenciados y documentados en el Documento de Proyecto;

(b) Monitoreados de manera consistente durante cada período de monitoreo;

(c) Verificados mediante factores de emisión para calcular las emisiones de la línea base y del proyecto, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006, el Suplemento de humedales de 2013 y Refinamiento de 2019 del IPCC.

12.2 Estratificación del área del proyecto

El área del proyecto deberá estratificarse en unidades relativamente homogéneas antes de la cuantificación de las reducciones y/o remociones de gases de efecto invernadero (GEI). La estratificación es un paso obligatorio para reducir el error de muestreo, mejorar la precisión y garantizar la representatividad de los esfuerzos de muestreo, de conformidad con la Guía de Buenas Prácticas del IPCC (IPCC, 2006; Suplemento de Humedales del IPCC, 2013; Refinamiento del IPCC, 2019).

Cada estrato deberá definirse con base en características medibles y verificables, que pueden incluir, entre otras:

(a) Tipo de ecosistema: manglares, marismas o praderas de pastos marinos;

(b) Características biofísicas: tipo de suelo (mineral u orgánico), régimen de salinidad, condiciones hidrológicas y configuración geomorfológica (deltaica, estuarina o lagunar);

(c) Estado de la vegetación: intacta, degradada o restaurada;

(d) Historial de manejo y perturbaciones: estado de conservación, actividades de restauración, conversión a acuicultura, intensidad de aprovechamiento o niveles de contaminación.

12.2.1 Cartografía y documentación

Los estratos deberán delimitarse utilizando mapas georreferenciados, análisis SIG y datos de teledetección (imágenes satelitales, fotografías aéreas u otras). Cada estrato deberá estar claramente documentado en el Documento de Proyecto, incluyendo:

(a) Coordenadas de los límites (latitud/longitud);

(b) Área (hectáreas);

(c) Criterios aplicados para la estratificación;

(d) Fuentes de datos espaciales de respaldo y su resolución.

12.3 Diseño de muestreo

El muestreo de la biomasa, carbono orgánico del suelo (COS) y gases distintos del CO_2 deberá asignarse por estrato, siguiendo diseños aleatorios o sistemáticos estratificados. La intensidad de muestreo deberá ser proporcional a la variabilidad y el área de cada estrato.

Los estratos con mayor variabilidad (por ejemplo, manglares heterogéneos o áreas con perturbaciones recientes) requieren un mayor esfuerzo de muestreo para alcanzar el mismo nivel de confianza que los estratos más homogéneos.

Los requisitos mínimos incluyen:

(a) Estratificación documentada antes del muestreo en campo;

(b) Al menos 3 parcelas de muestreo permanentes por estrato para los parámetros de biomasa y vegetación;

(c) Al menos 3 núcleos de suelo por estrato para las estimaciones de COS hasta 1 m de profundidad, salvo que las regulaciones locales o las directrices del IPCC requieran un muestreo a mayor profundidad;

(d) Justificación del tamaño de la muestra, con referencia al poder estadístico y a la evaluación de la incertidumbre (Sección 15).

El requisito mínimo de tres (3) parcelas permanentes de muestreo por estrato para los parámetros de biomasa y vegetación, y de tres (3) núcleos de suelo por estrato para las estimaciones de COS, se establece con el fin de garantizar la trazabilidad a largo plazo y la capacidad de detectar cambios temporales en las reservas de carbono. Estas parcelas y núcleos permanentes son adicionales a las parcelas temporales o rotativas de muestreo que puedan requerirse para capturar la variabilidad espacial dentro de cada estrato. Los titulares del proyecto deberán diseñar sus planes de muestreo de conformidad con las mejores prácticas estadísticas y las directrices del IPCC, asegurando que tanto la representatividad espacial (mediante parcelas temporales) como la consistencia temporal (mediante parcelas permanentes) se aborden adecuadamente.

Para garantizar la exactitud y confiabilidad de los factores de emisión estimados, la precisión del muestreo deberá cumplir el siguiente requisito mínimo:

- Una precisión relativa de ±10 % con un nivel de confianza del 90 %, calculada para toda la población o por estrato.

Si este nivel de precisión no puede alcanzarse debido a limitaciones prácticas (por ejemplo, de acceso, costo o terreno), el titular del proyecto deberá aplicar factores de emisión conservadores y documentar de manera transparente las razones y las implicaciones.

Nota: El objetivo de precisión de ±10% con un nivel de confianza del 90% es obligatorio bajo el BIOCARBON STANDARD y coherente con los Principios de Carbono del ICVCM (CCP 6.3 – Medición, Monitoreo y Calidad de Datos). En los casos en que estratos pequeños, áreas fragmentadas o contextos insulares (SIDS) impidan alcanzar este objetivo, los titulares del proyecto podrán aplicar diseños de muestreo adaptativos o por etapas para mejorar la

representatividad. Cualquier incertidumbre remanente deberá reportarse de forma transparente y abordarse mediante deducción conservadora conforme a la Sección 15.

12.4 Factores de emisión

El titular del proyecto podrá determinar los factores de emisión utilizando datos derivados de parcelas de muestreo sobre el terreno o adoptar valores regionalmente apropiados provenientes de fuentes nacionales o internacionales, siempre que sean conservadores y científicamente sólidos.

12.4.1 Estimación de factores de emisión basada en trabajo de campo

Cuando los factores de emisión se derivan de parcelas de muestreo, el titular del proyecto deberá seguir los requisitos de muestreo descritos en las Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2006) y sus posteriores modificaciones, incluyendo:

(a) Enfoque de muestreo (por ejemplo, muestreo aleatorio, estratificado o sistemático);

(b) Parámetros del diseño de muestreo (por ejemplo, tamaño, forma, número y distribución de las parcelas);

(c) Métodos de muestreo para la estimación de áreas (por ejemplo, muestreo aleatorio estratificado utilizando datos de teledetección, estimadores ponderados por área);

(d) Métodos de muestreo para la estimación de las emisiones y remociones de GEI;

(e) Cuantificación y manejo de la incertidumbre en los estudios basados en muestreo.

Los datos de campo deberán recopilarse de manera estadísticamente representativa, verificable de forma independiente y espacialmente coherente con los estratos o clases de suelo utilizados en las estimaciones de reducción de emisiones.

12.4.2 Uso de valores publicados o predeterminados

Cuando el muestreo directo no sea factible o existan brechas de datos, el titular del proyecto podrá utilizar:

(a) Factores de emisión nacionales publicados por el país anfitrión (por ejemplo, en inventarios de GEI, NDC o NREF/REL de REDD+), siempre que sean coherentes con los Niveles 2 o 3 del IPCC (2019);

(b) Literatura revisada por pares o bases de datos de inventarios forestales con relevancia regional;

(c) Valores predeterminados del IPCC 2019 (Nivel 1) únicamente si se justifica su carácter conservador y no se dispone de datos de niveles superiores.

Los factores de emisión seleccionados deberán:

(a) Ser coherentes con los estratos forestales o las clases de cobertura de la tierra definidos en el proyecto;
(b) Reflejar los componentes de biomasa adecuados (por ejemplo, aérea, subterránea, madera muerta);
(c) Expresarse en tCO_2e por hectárea utilizando los factores de conversión y las relaciones raíz-tallo aplicables, según las directrices del IPCC de 2019.

12.4.3 Documentación y validación

Todas las fuentes de factores de emisión, metodologías, supuestos y cálculos deberán ser:

(a) Claramente descritas en el Documento de Proyecto,

(b) Respaldados por conjuntos de datos trazables (formularios de campo, métodos de calibración, ecuaciones, etc.), y

(c) Sujetos a validación por una tercera parte independiente.

La incertidumbre asociada a los factores de emisión deberá incorporarse en la evaluación general de incertidumbre del proyecto, según lo establecido en la Sección 15.

12.5 Criterios de modelación espacial para la construcción de la línea base

(a) Las áreas de referencia deberán ser representativas de las condiciones biofísicas y de los impulsores de degradación o conversión observados dentro del área del proyecto. La selección se basará en criterios explícitos de similitud (tipo de ecosistema, régimen hidrológico, salinidad, exposición a mareas y oleaje, accesibilidad y presiones antrópicas). La delimitación y documentación deberán apoyarse en insumos geoespaciales reproducibles, coherentes con los requisitos de estratificación y cartografía descritos en las Secciones 12.2 y 12.2.1, incluyendo coordenadas, fuentes de datos y fechas.

(b) Los conjuntos de datos oficiales y las series temporales terrestres o marino-costeras provenientes de autoridades nacionales o regionales deberán priorizarse, complementándose, cuando sea necesario, con literatura revisada por pares u otras fuentes técnicamente sólidas. Todos los conjuntos de datos deberán incluir metadatos y control de versiones (fecha, resolución espacial/temporal, método de clasificación) y ser coherentes con la Herramienta de Línea Base y Adicionalidad de BIOCARBON.

(c) Las dinámicas de pérdida, degradación o conversión del ecosistema deberán estimarse utilizando técnicas de detección de cambios o de modelación de transiciones (por ejemplo, series temporales clasificadas, matrices de transición, análisis de tendencias y, cuando corresponda, insumos hidrodinámicos o geomorfológicos costeros). Todos los supuestos, parámetros y procedimientos de validación (por ejemplo, evaluación de exactitud o métricas de desempeño) deberán documentarse, y las incertidumbres cuantificarse conforme al Anexo 3 – Orientaciones para la evaluación de la Incertidumbre.

(d) El escenario ex ante de línea base deberá proporcionar mapas espacialmente explícitos y descripciones anualizadas o por períodos de la trayectoria esperada de la línea base. El monitoreo ex-post deberá aplicar la misma metodología y resolución para garantizar la comparabilidad. Cualquier divergencia sustancial entre las proyecciones ex ante y las observaciones ex-post deberá justificarse y, cuando corresponda, activar los procedimientos de revisión definidos por el Programa.

(e) La modelación deberá considerar los procesos costeros (ascenso del nivel del mar, erosión, acreción, subsidencia) y describir cómo se abordan dentro de los límites geográficos y los procedimientos de monitoreo, en coherencia con la Sección 9.1 y los requisitos de cartografía establecidos en 12.2.1.

(f) Todos los insumos espaciales (capas, scripts, parámetros y flujos de procesamiento) deberán archivarse y mantenerse reproducibles para verificación independiente, en consistencia con las Herramientas de MRV e Incertidumbre de BIOCARBON (Anexos 2 y 3 de esta metodología).

12.6 Emisiones de línea base

Las emisiones de la línea base deberán representar la pérdida esperada de las reservas de carbono y las emisiones de GEI asociadas en ausencia del proyecto. Las fuentes incluyen:

(a) Conversión de ecosistemas a acuicultura, agricultura o infraestructura;

(b) Drenaje o alteración hidrológica de humedales;

(c) Extracción no sostenible y continua de biomasa;

(d) Erosión costera o remoción de sedimentos.

Las emisiones de la línea base deberán calcularse de acuerdo con la Ecuación 1.

$$LB_y = \sum_{m=1}^{M}\sum_{i=1}^{I}\left(\Delta C_{i,m,LB,y} \times \frac{44}{12}\right) + \sum_{m=1}^{M}\left(E_{CH_4,m,LB,y} \times GWP_{CH_4}\right) + \sum_{m=1}^{M}\left(E_{N_2O,m,LB,y} \times GWP_{N_2O}\right)$$

Ecuación 1

Donde:

LB_y	=	Emisiones de línea base en el año y; tCO_2e
$\Delta C_{i,m,LB,y}$	=	Cambio en las reservas de carbono en el reservorio i, estrato m, bajo el escenario de línea base; tC
$\frac{44}{12}$	=	Relación del peso molecular ($C:CO_2$)
$E_{CH_4,LB,y}$	=	Emisiones de metano en el escenario de línea base; tCO_2e
GWP_{CH_4}	=	Potencial de calentamiento global del CH_4; adimensional
$E_{N_2O,LB,y}$	=	Emisiones de óxido nitroso en el escenario de línea base; tCO_2e
GWP_{N_2O}	=	Potencial de calentamiento global del N_2O; adimensional
$i, \dots, I$	=	Reservorio de carbono; adimensional
$m, \dots, M$	=	Estrato; adimensional

Cuando se utilicen factores de emisión por defecto, los titulares del proyecto deberán aplicar aquellos establecidos en el Anexo 1.

12.7 Emisiones del proyecto

Las emisiones del proyecto incluyen las emisiones de GEI resultantes de la implementación del proyecto, tales como:

(a) Quema de biomasa durante la preparación del sitio;

(b) Emisiones derivadas del uso de combustibles (transporte, restauración);

(c) CH_4 y N_2O residuales de humedales restaurados (cuando sean significativos).

Las emisiones del proyecto deberán calcularse de acuerdo con la Ecuación 2.

$$EP_y = \sum_{m=1}^{M}\sum_{i=1}^{I}\left(\Delta C_{i,m,EP,y} \times \frac{44}{12}\right) + \sum_{m=1}^{M}\left(E_{CH_4,m,EP,y} \times GWP_{CH_4}\right) + \sum_{m=1}^{M}\left(E_{N_2O,m,EP,y} \times GWP_{N_2O}\right) + \sum_{m=1}^{M}\left(E_{FF,m,EP,y}\right)$$

Ecuación 2

Donde:

EP_y	=	Emisiones del proyecto en el año y; tCO_2e
$\Delta C_{i,m,EP,y}$	=	Cambio en las reservas de carbono en el reservorio i, estrato m, en el escenario con proyecto en el año y; tC
$\frac{44}{12}$		Relación de peso molecular ($C:CO_2$); adimensional
$E_{CH_4,m,EP,y}$		Emisiones de metano del proyecto, en el estrato m, en el año y; tCH_4
GWP_{CH_4}	=	Potencial de calentamiento global del CH_4; adimensional
$E_{N_2O,m,EP,y}$	=	Emisiones de óxido nitroso del proyecto, en el estrato m, en el año y; tN_2O
GWP_{N_2O}	=	Potencial de calentamiento global del N_2O; adimensional
$E_{FF,m,EP,y}$		Emisiones de combustibles fósiles, en el estrato m, en el año y; tCO_2e
$i, \ldots, I$	=	Reservorio de carbono; adimensional
$m, \ldots, M$	=	Estrato; adimensional

12.8 Cambios en las reservas de carbono

Los cambios en las reservas de carbono representan la diferencia en el carbono almacenado en los reservorios seleccionados entre los escenarios de línea base y de proyecto. En los ecosistemas de Carbono Azul, los reservorios más relevantes son la biomasa aérea (AGB), la biomasa subterránea (BGB) y el carbono orgánico del suelo (COS). La madera muerta y la hojarasca también pueden incluirse cuando sean significativas y medibles.

A los fines de la presente metodología, todos los reservorios de carbono deberán estimarse por estrato, siguiendo los requisitos de estratificación establecidos en la Sección 12.2. Dentro de cada estrato, los valores de las reservas de carbono deberán expresarse como valores medios por unidad de área (tC/ha), derivados de un muestreo de campo y análisis de laboratorio

estadísticamente representativos, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006, el Suplemento de Humedales de 2013 y el Refinamiento de 2019 del IPCC.

Los cambios en las reservas de carbono (ΔC) deberán calcularse como la diferencia entre las reservas medias de carbono en el momento del monitoreo (t) y las reservas en la línea base (t_0), multiplicada por el área del estrato y, cuando corresponda, por la profundidad de muestreo (por ejemplo, para el COS). Los cambios totales en las reservas de carbono a nivel de proyecto deberán obtenerse como la suma ponderada por área de todos los estratos.

12.8.1 Biomasa aérea y biomasa subterránea (manglares y marismas)

Los cambios en la biomasa deberán calcularse según la Ecuación 3:

$$\Delta C_{B,y} = \left(\sum_{m=1}^{M} A_m \times \left(C_{B,m,t} - C_{B,m,0} \right) \right) \times \frac{44}{12} \qquad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$\Delta C_{B,y}$	=	Cambio total en las reservas de carbono de la biomasa aérea y subterránea, en el estrato m, en el año y; tCO2e
A_m	=	Área del estrato; ha
$C_{B,m,t}$	=	Valor medio de las reservas de carbono de la biomasa aérea (BA) y subterránea (BS) en el estrato m en el momento t; tC/ha
$C_{B,m,0}$	=	Valor medio de las reservas de carbono de la biomasa aérea (BA) y subterránea (BS) en el estrato m en el momento 0; tC/ha
$\frac{44}{12}$	=	Relación de peso molecular ($C:CO_2$); adimensional
$m, \ldots, M$	=	Estrato; adimensional

A los efectos de esta metodología, CB,m,t representará la reserva media de carbono por unidad de área (tC/ha) en el estrato m en el momento t. El valor medio deberá obtenerse a partir de muestreos de campo (parcelas permanentes o temporales) o fuentes de datos verificadas equivalentes, y será estadísticamente representativo del estrato. El uso de valores medios, en lugar de mediciones de parcelas individuales, garantiza la coherencia con la Guía de buenas prácticas del IPCC (IPCC 2006, vol. 4; IPCC 2013, Suplemento de humedales; IPCC, Refinamiento de 2019), mejora la representatividad y evita el sesgo de mediciones atípicas o extremas.

12.8.2 Carbono orgánico del suelo (COS) en sedimentos

El COS es el depósito dominante en los ecosistemas de carbono azul. Los cambios en las reservas deberán calcularse de la siguiente manera:

$$\Delta C_{SOC,m,y} = \sum_{m=1}^{M} \left(COS_{m,t} - COS_{m,0}\right) \times A_m \times D \times \frac{44}{12} \qquad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$\Delta C_{COS,m,y}$	=	Cambio en las reservas de carbono orgánico del suelo en el estrato m, año y; tC
$COS_{m,t}$	=	Valor medio de las reservas de COS en el estrato m en el momento t; tC/ha
$COS_{m,0}$	=	Valor medio de las reservas de COS en el estrato m en el momento de la línea base (t=0); tC/ha
A_m	=	Área del estrato m
D	=	Profundidad de muestreo (m), mínimo 1 m (Suplemento de humedales del IPCC, 2013).
$\frac{44}{12}$	=	Relación de peso molecular ($C:CO_2$); adimensional
$m, \dots, M$	=	Estrato; adimensional

A efectos de esta metodología, el carbono orgánico del suelo (COS) deberá cuantificarse por separado para cada estrato. $COSm,t$ y $COSm,0$ representarán el valor medio del COS por unidad de área (tC/ha) en el estrato m en el momento t y en la línea base, respectivamente, derivados del muestreo de núcleos de suelo, la densidad aparente y el análisis de la fracción de carbono, de conformidad con el IPCC (Directrices de 2006; Suplemento de humedales de 2013; Refinamiento de 2019).

La profundidad de muestreo (D) será de al menos 1 m, salvo que las condiciones del suelo o la normativa local justifiquen lo contrario. El cambio total de COS del proyecto ($\Delta C_{COS,y}$)) deberá calcularse como la suma ponderada por área, de los cambios en todos los estratos.

El COS deberá monitorearse mediante muestreo aleatorio estratificado, midiendo en laboratorio la densidad aparente y la fracción de carbono conforme a protocolos estandarizados.

12.8.3 Madera muerta y hojarasca

Las reservas de madera muerta y hojarasca se consideran opcionales en esta metodología. Cuando se incluyan, deberán cuantificarse por separado para cada estrato, de conformidad con el IPCC (Directrices de 2006, vol. 4, cap. 2; Refinamiento de 2019). $D_{m,t}$, $D_{m,0}$, $H_{m,t}$ y $H_{m,0}$ representarán la reserva media de carbono por unidad de área (tC/ha) para la madera muerta y la hojarasca en el estrato m en el momento t y en la línea base, respectivamente. Los cambios totales a nivel del proyecto en madera muerta y hojarasca ($\Delta C_{D+L,y}$) deberán calcularse como la suma ponderada por superficie de los cambios a nivel de estrato. Cuando los titulares de proyectos excluyan estos reservorios, la exclusión deberá justificarse y demostrarse que es conservadora, de conformidad con la sección 8.1.

Los cambios en las reservas de madera muerta y hojarasca deberán calcularse con la Ecuación 5.

$$\Delta C_{D+H,y} = \left(\sum_{m=1}^{M} A_m \times \left(D_{m,t} + H_{m,t}\right) - \left(D_{m,0} + H_{m,0}\right) \right) \times \frac{44}{12} \qquad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

$\Delta C_{D+H,y}$	=	Cambio total en las reservas de carbono en madera muerta y hojarasca, para el estrato m, en el año y; tCO2e
A_m	=	Área del estrato; ha
$C_{D,m,t}$	=	Valor medio de las reservas de carbono de la madera muerta en el estrato m en el momento t; tC/ha
$C_{D,m,0}$	=	Valor medio de las reservas de carbono en la madera muerta, en el estrato m en la línea base; tC/ha
$H_{m,t}$	=	Valor medio de las reservas de carbono de la hojarasca en el estrato m en el momento t; tC/ha
$H_{m,0}$	=	Valor medio de las reservas de carbono de la hojarasca en el estrato m en la línea de base; tC/ha
$\frac{44}{12}$	=	Relación de peso molecular ($C:CO_2$); adimensional
$m, \ldots, M$	=	Estrato; adimensional

12.9 Gases distintos al CO2

Las emisiones de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) deberán cuantificarse a nivel de estrato, dado que los factores de emisión dependen de las condiciones del ecosistema, como la salinidad, el régimen hidrológico y los aportes de nutrientes. Los titulares del proyecto deberán utilizar factores de emisión coherentes con las Directrices del IPCC de 2006, el Suplemento de humedales de 2013 y el Refinamiento de 2019, o datos más específicos provenientes de fuentes revisadas por pares o aprobados a nivel nacional, cuando estén disponibles.

12.9.1 Metano (CH4)

Para suelos drenados o inundados, los flujos de CH_4 deberán estimarse como:

$$E_{CH_{4,y}} = \sum_{m=1}^{M} FE_{CH_4,m} \times A_m \times GWP_{CH_4} \qquad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

$E_{CH_{4,y}}$	=	Emisiones de CH_4 en el estrato m, en el año y; tCO2e
FE_{CH_4}	=	Factor de emisión del metano (kg CH_4/ha/año) del Suplemento de humedales del IPCC (2013)
A_m	=	Área del estrato; ha
GWP_{CH_4}	=	Potencial de calentamiento global del metano (28, AR5 o valor actualizado).

12.9.2 Óxido nitroso (N_2O)

Las emisiones de óxido nitroso (N_2O) deberán estimarse a nivel de estrato. Los titulares de proyecto deberán aplicar uno de los siguientes enfoques, en función de las condiciones del ecosistema y la disponibilidad de datos.

12.9.2.1 Enfoque general basado en factores por defecto (Nivel 1)

Las emisiones de N2O deberán estimarse de la siguiente manera:

$$E_{N_2O,m,y} = \sum_{m=1}^{M} FE_{N_2O,m} \times A_m \times GWP_{N_2O}$$ Ecuación 7

Donde:

$E_{N_2O,m,y}$	=	Emisiones de N2O en el estrato m, en el año y; tCO2e
FE_{N_2O}	=	Factor de emisión predeterminado para el óxido nitroso (kgN2O/ha/año) del Suplemento de humedales del IPCC (2013)
A_m	=	Área del estrato; ha
GWP_{CH_4}	=	Potencial de calentamiento global del óxido nitroso

12.9.2.2 Enfoque de estimación por fertilización (aporte manejado)

Para humedales fertilizados o manejados:

$$E_{N_2O,y} = \sum_{m=1}^{M} \left(FE_{N_2O} \times N_{input,m} \times 44/28\right) \times GWP_{N_2O}$$ Ecuación 8

Donde:

$E_{N_2O,y}$	=	Emisiones de N_2O en el estrato m, en el año y; tCO_2e
FE_{N_2O}	=	Factor de emisión para el N_2O; kg N_2O-N/kg de N aportado
$N_{input,m}$	=	Aporte de nitrógeno por estrato; kg N/ha
44/28	=	Conversión del peso molecular de N a N_2O
GWP_{N_2O}	=	Potencial de calentamiento global del N_2O

12.10 Reducciones y remociones netas de GEI

Las reducciones y remociones netas de GEI deberán calcularse con:

$$RE_y = \left(LB_y - EP_y\right) - F_y \pm I_y$$ Ecuación 9

Donde:

RE_y	=	Reducciones y remociones netas en el año y; tCO_2e
LB_y	=	Emisiones en el escenario de línea base en el año y; tCO_2e
EP_y	=	Emisiones en el escenario con proyecto en el año y: tCO_2e
F_y	=	Emisiones por fugas en el año y; tCO_2e
I_y	=	Deducción por incertidumbre (tCO_2e), según la Herramienta de incertidumbre de BIOCARBON

Nota: Si el titular de proyecto informa los resultados por estrato, los cálculos de LB_y y EP_y deberán basarse en sumas ponderadas por área para garantizar la coherencia entre los estratos.

12.11 Datos, parámetros y aseguramiento de la calidad

Todos los datos y parámetros deberán documentarse en el Documento de Proyecto y solo se podrán utilizar valores predeterminados cuando no se disponga de datos específicos del sitio, de conformidad con el IPCC 2006/2013/2019.

Los procedimientos de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) deberán seguir la norma ISO 14064-2 (2019) y la herramienta MRV del BIOCARBON STANDARD.

En el anexo 3 se proporcionan ejemplos de tablas de documentación de parámetros.

13 Gestión de fugas

13.1 Requisitos generales

Los titulares del proyecto deberán identificar y cuantificar, cuando sean significativas, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que ocurran fuera del límite del proyecto como resultado de las actividades de este. Dichas emisiones, denominadas fugas, deberán contabilizarse a fin de garantizar la integridad ambiental de los Créditos de Carbono Verificados (VCC) emitidos bajo el BIOCARBON STANDARD.

13.2 Fuentes de fuga en los ecosistemas de carbono azul

Las fuentes potenciales de fuga incluyen, entre otras:

(a) Desplazamiento de la acuicultura o la agricultura: establecimiento o expansión de estanques, cultivos o áreas de pastoreo en ecosistemas costeros o humedales cercanos como resultado de las restricciones del proyecto;

(b) Extracción de leña y madera: aumento de la extracción en manglares o bosques costeros adyacentes cuando se restringe el acceso a las zonas del proyecto;

(c) Pesca y uso de recursos: aumento de la presión sobre las áreas vecinas debido a las restricciones a la pesca, la captura de cangrejos u otras prácticas extractivas dentro de los límites del proyecto;

(d) Desarrollo de infraestructuras: reubicación de carreteras, canales de drenaje u obras costeras a zonas cercanas fuera de los límites del proyecto.

13.3 Identificación y seguimiento del área de fugas

El titular del proyecto deberá identificar las áreas fuera de los límites del proyecto en las que es probable que se produzcan fugas, basándose en la movilidad y el comportamiento de los agentes identificados en el escenario de línea base.

Tales áreas deberán describirse y georreferenciarse en el Documento de Proyecto.

El monitoreo deberá incluir los datos de actividad y las emisiones provenientes de estas áreas utilizando métodos coherentes aplicados al área del proyecto, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 y el Suplemento de humedales de 2013.

13.4 Cuantificación de las emisiones por fugas

Cuando las fugas sean significativas, las emisiones deberán cuantificarse utilizando datos de actividad, factores de emisión y metodologías coherentes con el tratamiento del área del proyecto.

En los casos en que no sea posible realizar una cuantificación directa, el titular del proyecto deberá aplicar un factor de deducción conservador a los beneficios netos de GEI del proyecto.

Podrán usarse factores de deducción predeterminados o hipótesis conservadoras si están aprobados por el BIOCARBON STANDARD.

13.5 Mitigación de fugas

Los titulares de proyectos deberán describir e implementar medidas para minimizar las fugas, las cuales pueden incluir:

(a) Apoyar medios de vida alternativos para las comunidades que dependían previamente de la leña de manglares o de la acuicultura;

(b) Establecer acuerdos con las partes interesadas locales para evitar el desplazamiento de prácticas no sostenibles;

(c) Promover el uso sostenible de los recursos costeros en las zonas adyacentes.

13.6 Deducción de las reducciones netas de emisiones

Todas las emisiones de fuga identificadas y cuantificadas deberán deducirse de los beneficios brutos del proyecto para determinar las reducciones y/o remociones netas de GEI que pueden optar a la emisión de créditos.

13.6.1 Marco de decisión y deducciones conservadoras

La Herramienta de Fugas de BIOCARBON proporciona un marco de decisión estructurado para la identificación, evaluación y cuantificación de las fugas.

Los titulares del proyecto deberán utilizar esta herramienta para determinar si la cuantificación directa es factible y, en los casos en que no lo sea, aplicar deducciones conservadoras por defecto de manera consistente.

La herramienta incluye escenarios ilustrativos como el desplazamiento de la acuicultura, la extracción de leña y los cambios en la presión pesquera, que respaldan un tratamiento transparente y conservador de las fugas entre proyectos.

14 Gestión del riesgo de reversión y permanencia

Garantizar la permanencia a largo plazo de las reducciones y remociones de GEI es fundamental en los proyectos de carbono azul, en los que el carbono almacenado en la biomasa y los suelos sigue siendo vulnerable a la reversión debido a los riesgos humanos y naturales. Los titulares de los proyectos deberán identificar y evaluar todos los riesgos potenciales de reversión, incluyendo la erosión costera, el aumento del nivel del mar, las tormentas extremas, la alteración hidrológica, la conversión ilegal a la acuicultura o la agricultura, la inseguridad de la tenencia de la tierra y la inestabilidad institucional, a lo largo del período de cuantificación y más allá.

14.1 Definición y alcance de la reversión

Los titulares de proyectos deberán evaluar, mitigar y gestionar el riesgo de reversión de los beneficios de GEI generados a través de las actividades de Carbono Azul. Deberán garantizar que todos los beneficios climáticos acreditados sean reales, a largo plazo y duraderos.

Una reversión se refiere a cualquier evento intencional o no intencional que resulte en la liberación de gases de efecto invernadero (GEI) previamente almacenados o la pérdida de las reducciones o remociones de GEI acreditadas. Esto puede incluir:

(a) Perturbaciones naturales (como tormentas, inundaciones, erosión o incendios);

(b) Degradación o conversión inducida por actividades humanas en ecosistemas restaurados o conservados;

(c) Cambios políticos o legales que comprometen la protección de los ecosistemas costeros o la integridad de las reservas de carbono;

(d) Incumplimiento o falla en las medidas de manejo o protección a largo plazo que generen nuevas emisiones, o abandono del proyecto.

Por su naturaleza, los ecosistemas de Carbono Azul están inherentemente expuestos a riesgos de permanencia tanto climáticos como antrópicos, los cuales deberán abordarse de manera sistemática durante todo el período de cuantificación y posteriormente.

14.2 Medidas para mejorar la permanencia

El diseño y la ejecución de los proyectos deberán incluir elementos que refuercen la permanencia de las reducciones y remociones de GEI, tales como:

(a) Protección jurídica de la zona (por ejemplo, servidumbres de conservación, reconocimiento de la tenencia consuetudinaria, acuerdos comunitarios);

(b) Integración en marcos jurisdiccionales o de gobernanza a largo plazo de los ecosistemas costeros;

(c) Prácticas participativas de vigilancia forestal y gestión adaptativa;

(d) Repartición transparente de los beneficios y plena participación de los pueblos indígenas y las comunidades locales;

(e) Defensa costera, control de la erosión y restauración hidrológica para mantener la resiliencia del ecosistema;

(f) Estrategias de reducción de riesgos frente a fenómenos meteorológicos extremos y al aumento del nivel del mar.

Estas medidas deberán documentarse en el Documento de Proyecto y deberán evaluarse durante la validación y la verificación.

14.3 Herramienta de Gestión de Permanencia y Riesgos

Los titulares de proyectos deberán aplicar la Herramienta de Gestión de Permanencia y Riesgos de BIOCARBON para:

(a) Evaluar el riesgo de reversión;

(b) Asignar una puntuación de riesgo utilizando una metodología estructurada; y

(c) Determinar la contribución requerida a la Reserva de BIOCARBON.

La herramienta incluye un sistema de puntuación ponderado por riesgo basado en cinco categorías: riesgos ecológicos, de perturbaciones naturales, socioeconómicos, legales/políticos y de gestión. Cada categoría se califica en una escala del 1 al 5, con base en criterios y preguntas orientadoras predefinidos. La puntuación final corresponde a una contribución de reserva del 10 %, 20 % o 30 % del total de las reducciones y remociones de emisiones verificadas. Este monto se deduce antes de la emisión de los créditos.

Los proyectos que implementen la migración costera planificada o el retiro gestionado ("*managed retreat*") como estrategia adaptativa al aumento del nivel del mar serán elegibles bajo esta metodología, siempre que se mantengan la gobernanza, la continuidad del monitoreo y la contabilidad de carbono durante todo el proceso.

Cualquier pérdida de reservas de carbono asociada a este retiro deberá reportarse de forma transparente y gestionarse dentro del marco de la Herramienta de Permanencia y Riesgo de BIOCARBON, en coordinación con el Programa, para garantizar que las obligaciones de permanencia se mantengan durante toda la transición.

14.4 Evaluación de riesgos y requisitos de monitoreo

Los titulares de proyectos deberán:

(a) Realizar la evaluación integral de riesgos, completa tal y como se define en el anexo 1 de la herramienta BIOCARBON.

(b) una justificación clara y auditable para cada calificación asignada.

(c) la evaluación de riesgos en cada periodo de verificación.

(d) Reportar cualquier evento de reversión y clasificarlo como evitable o inevitable de acuerdo con la sección 4.1 de la herramienta.

En caso de reversión:

(a) El volumen correspondiente de créditos se retirará de la reserva de BIOCARBON;

(b) En el caso de reversiones evitables, es posible que se requieran medidas correctivas y/o contribuciones adicionales a la reserva.

15 Evaluación de la incertidumbre y ajuste conservador

Los titulares del proyecto deberán evaluar y gestionar la incertidumbre en la cuantificación de las reducciones y remociones de emisiones de GEI derivadas de las actividades de Carbono Azul, de conformidad con la Herramienta de BIOCARBON: Enfoque Conservador y Gestión de la Incertidumbre. La aplicación de esta herramienta es obligatoria para todos los proyectos de carbono azul.

Este requisito garantiza que todos los créditos de carbono verificados (CCV) emitidos en el marco de esta metodología se basen en supuestos transparentes, conservadores y verificables, en plena concordancia con las directrices de buenas prácticas del IPCC y las salvaguardias de integridad del BIOCARBON STANDARD.

La herramienta se aplica a todos los parámetros relevantes que influyen significativamente en la cuantificación de las emisiones o remociones de la línea base y del proyecto, incluyendo:

(a) Datos de actividad (por ejemplo, área de manglares, marismas o de pastos marinos perdidas o restauradas, medidas mediante teledetección o cartografía de campo);

(b) Factores de emisión o remoción (por ejemplo, densidad de carbono de la biomasa, reservas de carbono orgánico del suelo, factores de emisión de CH_4 y N_2O en diferentes condiciones de salinidad o hidrológicas);

(c) Sistemas de muestreo y medición, incluyendo teledetección, extracción de muestras de suelo y parcelas de biomasa;

(d) Supuestos de modelación, valores proxi o juicios de expertos, cuando se apliquen.

Los titulares del proyecto deberán calcular la incertidumbre combinada utilizando uno de los siguientes enfoques:

- Nivel 1: Método de propagación del error (determinístico);
- Nivel 2: Método probabilístico (por ejemplo, simulación de Monte Carlo), cuando sea aplicable y esté respaldado por los datos.

Cuando la disponibilidad de datos y los recursos computacionales lo permitan, se alienta a los titulares del proyecto a aplicar métodos de evaluación de incertidumbre de Nivel 2 (*Tier* 2) (por ejemplo, simulaciones Monte Carlo u otros enfoques equivalentes) para caracterizar de manera más precisa las incertidumbres combinadas y los intervalos de confianza. Esta práctica refuerza la coherencia con el IPCC Refinamiento de 2019 y fortalece la solidez de las estimaciones de GEI a nivel de proyecto.

15.1 Nivel de confianza requerido y regla de ajuste

La incertidumbre deberá expresarse como un intervalo de confianza bilateral del 90 %. La semiamplitud relativa de este intervalo determinará la necesidad de aplicar un ajuste conservador a las reducciones y remociones netas de emisiones:

(a) Si la semiamplitud relativa es ≤ 30 %, no se aplicará ninguna deducción;

(b) Si la semiamplitud relativa supera el 30 %, el porcentaje excedente deberá deducirse de los beneficios netos de GEI antes de la emisión de los créditos.

15.2 Calidad de los datos y factores de descuento

Cuando las fuentes de datos se clasifiquen como de menor calidad (por ejemplo, valores predeterminados de Nivel 1 del IPCC, coberturas terrestres de resolución gruesa o valores promedio globales de COS de 2019), los titulares del proyecto deberán aplicar los factores de descuento por calidad de datos especificados en el Anexo D de la Herramienta BIOCARBON: Enfoque Conservador y Gestión de la Incertidumbre.

Se deberá aplicar el mayor descuento aplicable dentro de la cadena de estimación, salvo que:

(a) Se hayan utilizado datos específicos del proyecto y estos hayan sido validados durante la verificación; o

(b) Los parámetros de entrada sean plenamente coherentes con los datos del inventario nacional de GEI del país anfitrión (por ejemplo, datos de humedales costeros reportados en los FREL, BUR o Informes de Inventario Nacional).

Con fines orientativos, los titulares del proyecto podrán ilustrar la aplicación de los factores de ajuste por calidad de datos mediante ejemplos, como la combinación de datos de teledetección de alta resolución con conjuntos de datos auxiliares de menor resolución, o la integración de mediciones de campo con distintos niveles de precisión. El ajuste deberá mantenerse conservador y ser coherente con las Herramientas de Incertidumbre y MRV de BIOCARBON.

15.3 Requisitos de documentación y transparencia

Los titulares del proyecto deberán documentar todos los análisis de incertidumbre y los supuestos relacionados en el Documento del Proyecto y en cada Reporte de Monitoreo. La documentación deberá incluir, como mínimo:

(a) Una tabla de incertidumbre por parámetro, que indique el tipo de dato (de entrada, derivado de modelo o fijo);

(b) El enfoque seleccionado para el cálculo de la incertidumbre (Nivel 1 o Nivel 2), incluyendo las fórmulas o el software utilizado;

(c) Cualquier ajuste conservador aplicado a las reducciones y remociones netas de GEI;

(d) Métodos de redondeo y cifras finales reportadas;

(e) Archivos y hojas de cálculo de respaldo que permitan la replicación completa de los cálculos por parte de terceros.

Cuando se utilice el juicio de expertos para completar vacíos de información o respaldar supuestos, el proceso de obtención deberá documentarse de acuerdo con el Anexo G de la Herramienta BIOCARBON: Enfoque Conservador y Gestión de la Incertidumbre.

En el anexo 3 se ofrece un ejemplo de tablas de incertidumbre y procedimientos de cálculo.

16 Requisitos de monitoreo

El propósito del plan de monitoreo es definir los procedimientos, fuentes de datos, responsabilidades y medidas de aseguramiento de la calidad necesarias para hacer seguimiento a la implementación de las actividades de carbono azul, verificar las reducciones y remociones netas de GEI y garantizar el cumplimiento de las salvaguardas y los requisitos de permanencia durante todo el período de cuantificación del proyecto.

16.1 Parámetros a monitorear

El titular del proyecto deberá monitorear los siguientes elementos, según corresponda:

(a) Cambios en la cobertura y condición del ecosistema dentro del área del proyecto (por ejemplo, pérdida o ganancia de manglares, marismas o pastos marinos);

(b) Cambios en la condición o cobertura del ecosistema en las áreas potenciales de fuga;

(c) Emisiones y remociones de GEI provenientes de los reservorios de carbono relevantes (biomasa aérea, biomasa subterránea, carbono orgánico del suelo y, cuando sea significativo, CH_4 y N_2O);

(d) Avance en la implementación de las actividades del proyecto (por ejemplo, restauración hidrológica, revegetación o manejo sostenible);

(e) Cumplimiento de las salvaguardias ambientales y sociales;

(f) Riesgos para la permanencia y la eficacia de los resultados de mitigación.

Los parámetros que deberán monitorearse y reportarse deberán ser coherentes con los requisitos de la Herramienta MRV de BIOCARBON y con los demás instrumentos normativos aplicables.

Las frecuencias y métodos de monitoreo recomendados se presentan en el Anexo 2.

16.2 Fuentes de datos y métodos de monitoreo

El titular del proyecto deberá describir las fuentes de datos, las herramientas y los métodos utilizados para cada parámetro, los cuales podrán incluir:

(a) Teledetección (imágenes satelitales, fotografía aérea o drones) para la cobertura del suelo y del ecosistema;

(b) Análisis basado en SIG para la dinámica de los humedales, los cambios en la línea de costa y la erosión;

(c) Recolección de datos de campo (por ejemplo, parcelas de biomasa, muestreo de núcleos de suelo o monitoreo hidrológico);

(d) Monitoreo comunitario, diagnósticos participativos o registros administrativos (para las salvaguardas y la implementación de actividades).

El mismo enfoque metodológico, resolución, sistema de clasificación y extensión espacial utilizados para el escenario de línea base deberán aplicarse durante el monitoreo para garantizar la coherencia.

16.3 Frecuencia de monitoreo y reporte

Las frecuencias de monitoreo presentadas en esta sección son indicativas y coherentes con la Herramienta MRV de BIOCARBON. Los titulares del proyecto deberán definir y documentar la frecuencia de monitoreo de cada parámetro conforme a los requisitos y orientaciones establecidos en la Herramienta MRV y en los Procedimientos Operativos Estándar (SOP).

Los siguientes intervalos son referenciales y podrán ajustarse con justificación técnica, de acuerdo con las condiciones específicas del proyecto y la disponibilidad de datos:

(a) Mediciones de las reservas de carbono. Normalmente cada 1 a 5 años, según la dinámica del ecosistema y la accesibilidad;

(b) Datos de actividad y evaluaciones por teledetección. Anual o bienal, según la actualización de datos;

(c) Monitoreo de fugas. Al menos una vez por período de acreditación o según la Herramienta de Fugas;

(d) Parámetros de permanencia y Riesgo. Conforme a los requisitos de la Herramienta de Permanencia y Riesgo;

Indicadores socioambientales (SDSs/SDGs). Según lo establecido en las Herramientas SDSs y SDGs, o al menos una vez por período de acreditación.

Todos los resultados del monitoreo deberán documentarse y poner a disposición para su verificación de conformidad con el Manual de validación y verificación de BioCarbon (2025e).

16.4 Monitoreo de las actividades del proyecto y salvaguardas

El titular del proyecto deberá establecer e implementar un plan de monitoreo para evaluar la ejecución y la eficacia de las actividades del proyecto, así como para garantizar el cumplimiento continuo de las salvaguardas ambientales y sociales.

El plan de monitoreo de salvaguardas deberá estar alineado con la Herramienta de Salvaguardas para el Desarrollo Sostenible de BIOCARBON (Herramienta SDS) y reflejar los procesos participativos establecidos en el diseño del proyecto. Los formatos para el monitoreo de actividades y salvaguardas se presentan en el Anexo 4.

El monitoreo de las salvaguardas deberá realizarse de acuerdo con los requisitos establecidos en la Herramienta SDS. Esta herramienta proporciona los indicadores obligatorios, los métodos de monitoreo, los requisitos de documentación y los procesos de participación de las partes interesadas aplicables a cada salvaguarda. Los resultados del monitoreo de salvaguardas deberán incluirse en cada Reporte de Monitoreo y estarán sujetos a verificación independiente.

Los resultados del monitoreo también deberán ponerse a disposición de las partes interesadas afectadas cuando así lo soliciten.

Cada actividad del proyecto implementada deberá contar con un conjunto correspondiente de indicadores para hacer seguimiento a su estado de implementación y a sus resultados, incluyendo:

(a) Identificación de cada actividad (ID de la actividad y descripción);

(b) Uno o más indicadores asociados a la actividad (ID del indicador);

(c) Definición de los valores objetivo, las unidades de medida y los resultados esperados;

(d) Metodología y herramientas utilizadas para monitorear cada indicador;

(e) Frecuencia de la recopilación de datos y entidad responsable;

(f) Documentación que respalde los resultados reportados.

16.5 Monitoreo de las salvaguardas

El titular del proyecto deberá monitorear la implementación y el cumplimiento de las salvaguardas durante toda la duración del proyecto. Estas incluyen, como mínimo:

(a) Participación plena y efectiva de las partes interesadas, incluidos los pueblos indígenas y las comunidades locales;

(b) Respeto por la tenencia de la tierra y los derechos consuetudinarios;

(c) Conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos;

(d) Mejora de los beneficios sociales y ambientales;

(e) Mecanismos de gobernanza transparente y de atención de quejas y reclamaciones.

Para cada salvaguarda, el titular del proyecto deberá definir indicadores específicos, métodos de monitoreo y procedimientos de documentación. Los formatos para el monitoreo de actividades y salvaguardas se presentan en el Anexo 4.

16.6 Calidad y gestión de los datos

Todos los datos monitoreados deberán ser:

(a) Completos y representativos del área del proyecto;

(b) Respaldados por documentación (por ejemplo, fotografías, formularios de campo o resultados de teledetección);

(c) Validados mediante procedimientos internos de aseguramiento y control de calidad (QA/QC);

(d) Almacenados por un período mínimo de 10 años o dos períodos de cuantificación, el que sea mayor.

Cuando se utilice el muestreo, este deberá basarse en enfoques estadísticamente sólidos (por ejemplo, muestreo aleatorio estratificado o muestreo de carbono orgánico del suelo (COS) conforme al IPCC).

Si se utilizan tecnologías digitales de monitoreo (por ejemplo, drones, LiDAR o sensores automatizados), los métodos deberán estar validados y ser reproducibles.

16.7 Monitoreo del riesgo de reversión y de las condiciones de permanencia

Los titulares del proyecto deberán monitorear y reportar cualquier cambio que pueda afectar la permanencia de los resultados acreditados, incluyendo:

(a) Señales de actividad ilegal, drenaje o conversión;

(b) Perturbaciones naturales (huracanes, ciclones, tsunamis, marejadas ciclónicas, erosión, plagas);

(c) Cambios en la situación jurídica, la gobernanza o los acuerdos entre las partes interesadas;

(d) Eficacia de las medidas de mitigación de riesgos aplicadas (por ejemplo, estructuras de restauración, barreras contra la erosión o participación comunitaria).

Estos datos deberán utilizarse para actualizar la Herramienta de Permanencia y Gestión del Riesgo en cada ciclo de verificación y para respaldar la clasificación de cualquier posible evento de reversión como evitable o inevitable.

16.8 Almacenamiento de datos y mantenimiento de registros

Los titulares del proyecto deberán establecer y mantener un sistema de gestión de datos y registros que garantice la transparencia, trazabilidad y accesibilidad de toda la información utilizada en el diseño, implementación, monitoreo y verificación de las actividades de carbono azul.

Este sistema deberá respaldar la verificación independiente de las reducciones netas de GEI, la evaluación y gestión del riesgo de permanencia, el monitoreo de las salvaguardas y el cumplimiento de todos los requisitos aplicables del BIOCARBON STANDARD.

Los titulares del proyecto deberán conservar todos los registros y la documentación de respaldo relevantes por un período mínimo de diez (10) años después de la finalización del último período de cuantificación o durante dos (2) ciclos completos de verificación, lo que sea mayor. Los registros deberán:

(a) Ser precisos, completos y coherentes con el Documento de Proyecto y el plan de monitoreo;

(b) Archivados en un formato seguro y recuperable;

(c) Estar disponibles para los Organismos de Evaluación de la Conformidad (OEC) acreditados durante la validación y la verificación;

(d) Estar disponibles, previa solicitud, para revisión por BIOCARBON o sus representantes designados.

La documentación mínima que se debe conservar incluye:

(a) Archivos GIS y mapas de los límites del proyecto, la estratificación y las parcelas de monitoreo;

(b) Mediciones de biomasa, datos de muestreo de COS, datos de monitoreo hidrológico y datos brutos de campo;

(c) Imágenes satelitales, fotografías aéreas o productos derivados de drones utilizados para el monitoreo;

(d) Documentación legal: títulos de propiedad, autorización del proyecto, acuerdos comunitarios;

(e) Reportes de monitoreo y verificación, registros de inspecciones de campo y archivos de análisis de datos;

(f) Evidencia de las consultas con las partes interesadas, registros de quejas y reclamaciones, y documentación sobre la distribución de beneficios;

(g) Calificaciones de evaluación de riesgos y sus justificaciones provenientes de la Herramienta de Permanencia;

(h) Documentación relacionada con reversiones, eventos de pérdida o incidentes de fuga, incluyendo las acciones de mitigación y las medidas correctivas.

Los titulares del proyecto deberán implementar sistemas de aseguramiento y control de la calidad (QA/QC) y de control de versiones, que incluyan:

- Versionado coherente de los conjuntos de datos y de los insumos metodológicos a lo largo de los períodos de reporte.;
- Registros de cambios para cualquier corrección, actualización o revisión;
- Copias de respaldo y registros de auditoría con registro de fecha y hora.

Los titulares del proyecto deberán aplicar la Herramienta de Salvaguardas de Desarrollo Sostenible (SDSs) y de Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDGs) de BIOCARBON para documentar de manera consistente los co-beneficios sociales, ambientales y económicos.

Como mínimo, el Documento del Proyecto y el Reporte de Monitoreo deberán incluir los indicadores y evidencias requeridos por dichas herramientas, utilizando las plantillas proporcionadas por el Programa para asegurar la comparabilidad entre proyectos.

17 Aseguramiento de la calidad y control de calidad (QA/QC)

Los titulares del proyecto deberán implementar un sistema estructurado de aseguramiento y control de la calidad (QA/QC) para garantizar la exactitud, coherencia y transparencia de todos los datos, cálculos y procedimientos utilizados en la cuantificación y el monitoreo de las reducciones y remociones netas de GEI bajo esta metodología.

Esta sección establece los requisitos para la implementación de un marco sólido de aseguramiento y control de la calidad (QA/QC) a fin de garantizar que:

(a) Todos los datos y estimaciones sean confiables, transparentes y verificables;

(b) Se minimicen los errores, omisiones e incoherencias;

(c) Los procesos de monitoreo, reporte y verificación (MRV) cumplan con los más altos estándares de integridad;

(d) Las declaraciones de reducciones y remociones de GEI sean defendibles ante auditorías de terceros, autoridades del país anfitrión y mecanismos internacionales de mercado.

Los procedimientos de aseguramiento y control de la calidad (QA/QC) deberán aplicarse tanto a las estimaciones ex ante como a las estimaciones ex post, y deberán documentarse en el Documento de Proyecto y en cada Reporte de Monitoreo.

Los formatos estandarizados para documentar los procedimientos de aseguramiento y control de la calidad (QA/QC) se incluyen en el Anexo 4.

17.1 Aseguramiento de la calidad (QA)

El aseguramiento de la calidad (QA) se refiere a los procedimientos implementados para prevenir errores y garantizar que la recolección, el procesamiento y la presentación de datos cumplan con los requisitos metodológicos. El QA deberá ser proactivo, centrándose en la exactitud y el rigor metodológico.

Los procedimientos de aseguramiento de la calidad (QA) deberán incluir, según corresponda:

(a) Revisión independiente de la estratificación, el diseño de muestreo y los protocolos de monitoreo (por ejemplo, muestreo de COS, parcelas de biomasa o monitoreo hidrológico);

(b) Validación de la capacitación del equipo de campo y de la calibración de los instrumentos de medición, incluyendo GPS, barrenas de suelo, dispositivos de extracción de núcleos y equipos de laboratorio;

(c) Verificaciones cruzadas de los datos de entrada, las fuentes y los factores de emisión o remoción frente a los valores del IPCC, los inventarios nacionales o la literatura científica revisada por pares;

(d) Revisión por pares de los cálculos de reducciones y remociones de GEI antes de su presentación;

(e) Documentación de las fuentes de datos, supuestos y justificaciones, con referencias claras y control de versiones.

17.2 Control de calidad (QC)

El control de la calidad (QC) se refiere a las actividades técnicas rutinarias que verifican la integridad de los datos y los cálculos. El QC se aplica de forma continua durante la recolección, el procesamiento y la presentación de los datos.

Las medidas de control de calidad deberán incluir:

(a) Verificaciones aleatorias o remediciones de un subconjunto estadísticamente significativo de parcelas de muestreo, núcleos de suelo o estaciones de monitoreo;

(b) Verificación de los formularios de campo, coordenadas GPS, fotografías con georreferencia y registros de datos;

(c) Verificaciones de coherencia entre conjuntos de datos, años y versiones para detectar anomalías;

(d) Uso de control de versiones y trazas de auditoría para cualquier modificación de valores o supuestos;

(e) Demostración de la reproducibilidad de los resultados mediante métodos, ecuaciones y herramientas documentados.

17.3 Medidas correctivas y trazabilidad

Cualquier error, inconsistencia o desviación detectada deberá corregirse de manera transparente y documentarse. El sistema de aseguramiento y control de la calidad (QA/QC) deberá garantizar que:

(a) Todos los datos utilizados en los cálculos puedan rastrearse hasta los registros originales (notas de campo, resultados de laboratorio o datos satelitales en bruto);

(b) Los cambios en los datos o supuestos estén justificados, controlados por versión y revisados;

(c) Los resultados presentados para verificación sean reproducibles por una tercera parte independiente utilizando los mismos conjuntos de datos y procedimientos.

17.4 Documentación y archivos

Todas las acciones de aseguramiento y control de la calidad (QA/QC) deberán documentarse y archivarse. Todos los datos monitoreados deberán registrarse de manera transparente y archivarse en formato digital.

Como mínimo, deberá conservarse lo siguiente:

(a) Datos de monitoreo en bruto, resultados de laboratorio y scripts o hojas de cálculo de procesamiento;

(b) Cálculos de reducciones y remociones de GEI con control de versiones;

(c) Protocolos de levantamiento de datos de campo y notas de campo originales, incluyendo evidencia con georreferencia;

(d) Copias de informes externos, evaluaciones, certificados de calibración y revisiones;

(e) Documentación de todas las revisiones, correcciones o actualizaciones en la aplicación de la metodología;

Toda la información deberá conservarse por un período mínimo de quince (15) años o durante dos períodos completos de cuantificación, lo que sea mayor, y ponerse a disposición, previa solicitud, del BIOCARBON STANDARD o de los verificadores independientes acreditados.

17.5 Mejora continua

Se recomienda a los titulares del proyecto revisar y actualizar periódicamente el sistema de aseguramiento y control de la calidad (QA/QC), incorporando:

(a) Las lecciones aprendidas de anteriores monitoreos, verificaciones o auditorías;

(b) Los avances tecnológicos (por ejemplo, nuevas plataformas de teledetección, LiDAR, clasificación de humedales asistida por IA, herramientas de trazabilidad blockchain);

(c) Comentarios de las partes interesadas, los verificadores y las autoridades del país anfitrión;

(d) Actualizaciones del BIOCARBON STANDARD, las directrices del IPCC o las mejores prácticas en materia de contabilidad del carbono y ciencia de los humedales.

18 Estatus del documento y formato de publicación

18.1 Estatus

Esta metodología ha sido elaborada de conformidad con los procedimientos del BIOCARBON STANDARD para el desarrollo y la revisión de documentos metodológicos. Esta Versión 1.0 incorpora los resultados del proceso de consulta pública y ha sido aprobada para uso oficial bajo el BIOCARBON STANDARD.

18.2 Versión

Versión 1.0. Noviembre 7 de 2025

Aprobado por: Comité Técnico de BIOCARBON

Sustituye a: N/A

18.3 Formato de publicación

Esta metodología se publica en formato digital (PDF) en el sitio web oficial de BIOCARBON. Cualquier copia impresa o reproducción no oficial deberá contrastarse con la versión disponible en el sitio oficial. En caso de discrepancia, prevalecerá la versión digital vigente.

.

Los reportes de monitoreo de los proyectos y los datos de emisión/retiro de CCV serán de acceso público a través del sitio web del registro.

19 Referencias

BioCarbon Cert. (2025a). BCR STANDARD Empowering sustainability, redefining standards. https://biocarbonstandard.com/wp-content/uploads/BCR_Estandar.pdf

BioCarbon Cert. (2025b). BIOCARBON Tool Conservative approach and uncertainty management. BCR carbon credits are measured applying mechanism for managing uncertainty in the baseline quantification and mitigation results. In BioCarbon Standard. https://biocarbonstandard.com/wp-content/uploads/Conservative_Approach_and_Uncertainty_Management_tool.pdf

BioCarbon Cert. (2025c). BIOCARBON Tool Identification of a baseline scenario and demonstration of additionality GHG projects generate Verified Carbon Credits (VCC) that represent emissions reductions, avoidance, or removals that are additional. In https://biocarbonstandard.com/wp-content/uploads/Baseline_additionality_tool.pdf

BioCarbon Cert. (2025d). BIOCARBON Tool. MONITORING, REPORTING AND VERIFICATION (MRV). In BioCarbon Standard. https://biocarbonstandard.com/wp-content/uploads/BCR_Monitoring-reporting-and-verification.pdf

BioCarbon Cert. (2025e). VALIDATION AND VERIFICATION MANUAL GREENHOUSE GAS PROJECTS, Version 3.0. https://biocarbonstandard.com/wp-content/uploads/BCR_validation-and-verification-manual.pdf

BioCarbon Cert. (2025f). Sustainable Development Safeguards SDSs Tool BioCarbon Cert, Version 2.0. https://biocarbonstandard.com/wp-content/uploads/BCR_Sustainable_development_safeguards.pdf

BioCarbon Cert. (2025g). BIOCARBON Tool Permanence and Risk Management. Version 2.0. https://biocarbonstandard.com/wp-content/uploads/BCR_risk-and-permanence.pdf

CDM Executive Board. (2005). EB23, Annex 18: Definition of Renewable Biomass. UNFCCC. https://cdm.unfccc.int/EB/023/eb23_repan18.pdf

ICAO. (2024). Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). https://www.icao.int/corsia

ICVCM. (2023). ICVCM - Transparency for Voluntary Carbon Markets, Offsets & Credits. ICVCM. https://icvcm.org/

IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU). Instituto de Estrategias Ambientales Globales. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/

IPCC (2014). Suplemento de 2013 a las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero: Humedales (Suplemento de Humedales). Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Ginebra, Suiza. Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/spanish.html

IPCC. (2018). Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 541-562. https://doi.org/10.1017/9781009157940.008.

IPCC (2020). Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Ginebra, Suiza. Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/spanish/index.html

IPCC. (2021). Chapter 7: The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. In IPCC Sixth Assessment Report Working Group 1: The Physical Science Basis. IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-7/#7.6

IPCC. (2022). Annex I: Glossary [van Diemen, R., J.B.R. Matthews, V. Möller, J.S. Fuglestvedt, V. Masson-Delmotte, C. Méndez, A. Reisinger, S. Semenov (eds)]. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://doi.org/10.1017/9781009157926.020

International Organization for Standardization. (2019a). ISO 14064-2:2019. https://www.iso.org/standard/66454.html

International Organization for Standardization. (2019b). ISO 14064-3. In ISO: Global standards for trusted goods and services. https://www.iso.org/standard/66455.html

Ramsar. (1987). Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat .https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_text_e.pdf

UNFCCC. (2015). Paris Agreement, Article 6. In United Nations. Climate Action (pp. 7–8). https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf

20 Anexos

Los siguientes anexos forman parte integral de esta metodología. Proporcionan orientación técnica, valores predeterminados y formatos estandarizados para garantizar la aplicación, el monitoreo y la verificación coherentes de los proyectos de carbono azul.

Los titulares del proyecto deberán aplicar los anexos junto con el BIOCARBON STANDARD. Cuando existan datos específicos del proyecto o de un nivel superior (Tier) disponibles, estos deberán tener prioridad sobre los valores predeterminados de Nivel 1 incluidos en los anexos.

Anexo 1 – Factores y parámetros de emisión predeterminados: valores predeterminados de Nivel 1 del Suplemento de Humedales (2013) y del Refinamiento de 2019 del IPCC.

Anexo 2 – Guía de monitoreo: parámetros, frecuencias y métodos recomendados para el monitoreo de ecosistemas de carbono azul.

Anexo 3 – Orientaciones para la evaluación de incertidumbre: procedimientos para cuantificar y abordar la incertidumbre.

Anexo 4 – Plantillas para monitoreo y reporte: formatos estandarizados para garantizar la transparencia y la reproducibilidad en los reportes.

Anexo 1 – Factores y parámetros de emisión predeterminados: valores predeterminados de Nivel 1 del Suplemento de Humedales (2013) y del Refinamiento de 2019 del IPCC

Este anexo proporciona valores predeterminados del IPCC 2013 Suplemento de Humedales y del Refinamiento de 2019 del IPCC, que podrán utilizarse cuando no se disponga de datos específicos del proyecto. Estos valores corresponden al Nivel 1 (Tier 1) y deberán aplicarse de manera conservadora. Cuando existan datos de niveles superiores (Tier 2/3), se recomienda a los titulares del proyecto utilizar dichos valores.

A.1 Valores de existencias de carbono orgánico del suelo (COS) (profundidad de 0–1 m).

Tipo de ecosistema	**Tipo de suelo**	**Existencias COS predeterminadas (tC/ha)**	**95% de intervalo de confianza**	**Fuente**
Manglares	Mineral	286	247 – 330	IPCC 2013, tabla 4.11.
Manglares	Orgánico	471	436 – 510	IPCC 2013, tabla 4.11.
Marismas	Mineral	226	202 – 252	IPCC 2013, tabla 4.11.
Marismas	Orgánico	340	315 – 366	IPCC 2013, tabla 4.11.
Praderas de pastos marinos	Mineral	108	84 – 139	IPCC 2013, tabla 4.11.

A.2 Factores de emisión predeterminados para la re-humectación y el drenaje de humedales costeros (IPCC 2013 Suplemento de Humedales)

Actividad / Ecosistema	**FE (tC/ha/año)**	**IC del 95 % (tC/ha/año)**	**Rango (tC/ha/año)**	**n**	**FE (tC/ha/año)**	**IC del 95 % (tC/ha/año)**	**Rango (tC/ha/año)**
Manglar	-1.62	1.3-2.0	0.10-10.2	69	-5.94	4.77-7.33	0.37-37.40
Marisma	-0.91	0.7-1.1	0.05-4.65	66	-3.34	2.57-4.03	0.18-17.05
Pradera de pastos marinos	-0.43	0.2-0.7	0.09-1.12	6	-1.58	0.73-2.57	0.33-4.11
Drenaje (marismas y manglares)	7.9	5.2-11.8	1.2-43.9	22	28.97	19.07-43.27	4.40-160.97
Notas:							

1. Los factores de emisión (FE) se expresan en toneladas de carbono por hectárea y año (tC/ha/año). La conversión a equivalente de CO_2 (tCO_2/ha/año) se realizó multiplicando por 44/12. 2. Los valores negativos indican remociones. 3. Los valores son los valores predeterminados del nivel 1 del Suplemento de humedales del IPCC de 2013, volumen 4, capítulo 4: Humedales costeros, tablas 4.12 y 4.13. 4. Para el drenaje, el Nivel 1 (Tier 1) proporciona un factor agregado para marismas mareales y manglares; una desagregación adicional por clima o tipo de suelo requiere datos de Nivel 2 o 3 (Tier 2/3) a nivel nacional o regional.

A.3 Factores de emisión predeterminados para el metano (CH_4) en tierras inundadas y masas de agua artificiales (IPCC, Refinamiento de 2019, cap. 7)

Sistema / Zona	**FE (kg CH4/ha/año)**	**Notas**	**Fuente**
Flooded Land Remaining Flooded Land Tierras inundadas Tierras que siguen inundadas			
Boreal	13.0	Nivel 1 por defecto para terrenos inundados naturalmente (humedales)	IPCC 2019, tabla 7.9.
Templado	220.0	Nivel 1 por defecto para terrenos inundados naturalmente (humedales)	IPCC 2019, tabla 7.9.
Tropical	1400.0	Nivel 1 por defecto para terrenos inundados naturalmente (humedales)	IPCC 2019, tabla 7.9.
Cuerpos de agua artificiales (estanques, canales o embalses)			
Estanques de agua dulce/salobre	1050.0	Incluye estanques de acuicultura, construidos sin sal.	IPCC 2019, tabla 7.12
Estanques salinos	230.0	Estanques salinos construidos ≥20 ppt	IPCC 2019, tabla 7.12
Notas: Los factores de emisión (FE) se expresan en kg CH_4/ha/año. Para mantener la coherencia con la contabilidad del carbono, los valores se convertirán a tCO_2e/ha/año utilizando el potencial de calentamiento global (PCG) aplicable al CH_4 (por ejemplo, 28 según el IPCC AR5 o 27 según el AR6). Cuando existan factores de emisión específicos del proyecto o determinados a nivel nacional (nivel 2 o 3), estos tendrán prioridad sobre los valores predeterminados del nivel 1.			

A.4. Factor de emisión (FE) de N_2O por uso acuícola en manglares, marismas mareales y praderas de pastos marinos.

FE por defecto	IC del 95 %[1]	Referencia
0,00169 kg de N2O-N por kg de pescado producido	0, 0.0038	Hu et al., 2012 (IPCC 2013, tabla 4.15)
[1] IC del 95 % de la media geométrica. Nota: Enfoque utilizado por Hu et al. (2012) utilizando el N en los piensos para la biomasa pesquera: Hargreaves, 1998; contenido proteico de la biomasa pesquera: base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para el Laboratorio de Datos Nutricionales de Referencia Estándar; contenido de N de las proteínas: Nelson y Cox, 2013; conversión de N a N2O: Hu et al., 2013; Kong et al., 2013; Kampschrew et al., 2008; Ahn et al., 2010 (véase el anexo 4ª.5).		

A los efectos de esta metodología, las emisiones de óxido nitroso (N_2O) solo deberán incluirse cuando existan fuentes antropogénicas significativas de nitrógeno dentro del límite del proyecto. En particular:

(a) Acuicultura: Cuando se practique acuicultura dentro de manglares, marismas mareales o praderas de pastos marinos, las emisiones de N_2O deberán cuantificarse utilizando el factor de emisión predeterminado proporcionado en el IPCC 2013 Suplemento de 2013 a las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de GEI: Humedales (Tabla 4.15), o factores de niveles superiores cuando estén disponibles.

(b) Otras actividades: En ausencia de acuicultura u otras fuentes relevantes de nitrógeno (por ejemplo, aplicación de fertilizantes o descargas industriales), las emisiones de N_2O de los humedales mareales naturales se consideran insignificantes en el Nivel 1 (Tier 1) y no deberán incluirse, a menos que los datos específicos del proyecto o determinados a nivel nacional de Niveles 2 o 3 (Tier 2/Tier 3) demuestren flujos significativos.

A.5 Potenciales de calentamiento global (GWPs)

A.5 Potenciales de calentamiento global (PCG)

Gas	AR5 GWP a 100 años	AR6 GWP a 100 años (opcional)
CO_2	1	1
CH_4	28	27.0
N_2O	265	273

Nota: Los proyectos BioCarbon deberán aplicar los potenciales de calentamiento global (GWP) más recientes del IPCC vigentes al momento de la validación.

Anexo 2. – Orientaciones para el monitoreo

Este anexo proporciona orientación sobre el monitoreo de los parámetros requeridos bajo esta metodología. Su propósito es apoyar la coherencia, la transparencia y la reproducibilidad de los sistemas de monitoreo en proyectos de carbono azul. Los titulares del proyecto deberán aplicar en todos los casos la Herramienta MRV de BioCarbon; cuando los diseños específicos del proyecto difieran, deberá presentarse la justificación correspondiente.

A.2.1 Parámetros y frecuencia de monitoreo

Parámetro	**Unidad**	**Frecuencia de monitoreo**	**Métodos de monitoreo / fuentes de datos**	**Notas**
Cobertura y condición del ecosistema (manglares, marismas y praderas de pastos marinos)	ha, % de cobertura	Al menos una vez por cada periodo de monitoreo (1-5 años); se recomienda anualmente mediante teledetección.	Imágenes satelitales (Landsat, Sentinel, Planet), fotografía aérea, drones; detección de cambios basada en SIG.	Obligatorio; se requiere estratificación por tipo de ecosistema.
Biomasa aérea	tC/ha	Cada 5 años o en cada verificación.	Parcelas de campo, ecuaciones alométricas, LiDAR, datos del inventario nacional de bosques y humedales.	Se pueden utilizar las relaciones raíz-tallo predeterminadas si no se dispone de ecuaciones locales.
Biomasa subterránea	tC/ha	Cada 5 años o cuando se actualiza la biomasa aérea.	Relación raíz-tallo, extracción de muestras del terreno, valores	Se aplica a manglares, marismas y praderas de pastos marinos

Parámetro	Unidad	Frecuencia de monitoreo	Métodos de monitoreo / fuentes de datos	Notas
			predetermina dos del IPCC.	
Carbono orgánico del suelo (COS)	tC/ha	Como mínimo, una vez cada 10 años.	Muestreo aleatorio estratificado del suelo, densidad aparente, análisis de %C en laboratorio.	1 m de profundidad (Suplemento de humedales del IPCC, 2013 (IPCC, 2014)); mayor profundidad si se justifica.
Flujos de CH_4 (humedales costeros)	tCO_2e/ha	Una vez por período de monitoreo o cuando la dirección modifique la hidrología.	Cámaras de flujo, covarianza de remolinos o FE predetermina do por el IPCC según la salinidad	Necesario cuando la salinidad es <18 ppt o hay indicios de emisiones.
Flujos de N_2O (humedales fertilizados/gestion ados)	tCO_2e/ha	Una vez por período de monitoreo o cuando se aplican fertilizantes.	FE predetermina do del IPCC; mediciones de campo cuando sea posible.	Puede excluirse si es insignificante y está justificado.
Parámetros hidrológicos (nivel del agua, salinidad)	m, ppt	De manera continua o, como mínimo, trimestralme nte.	Piezómetros, sondas de salinidad, modelos hidrológicos.	Importante para la estabilidad del COS y la estimación del flujo de CH_4/N_2O

Parámetro	Unidad	Frecuencia de monitoreo	Métodos de monitoreo / fuentes de datos	Notas
Factores de fuga (acuicultura, recolección de leña, presión pesquera)	Cualitativo / ha	En cada período de verificación	Estudios de campo, entrevistas, consultas con las partes interesadas, SIG.	Necesario si existe riesgo de desplazamiento.
Indicadores de salvaguarda	Cualitativo/cuantitativo	Anualmente o bienalmente	Herramienta SDS: seguimiento participativo, encuestas, registros administrativos.	Debe ajustarse a a la herramienta SDS de BioCarbon (BioCarbon Cert, 2025f).
Indicadores de riesgo de permanencia (erosión, fenómenos extremos, tenencia de la tierra, gobernanza)	Cualitativo / ha	Revisado en cada periodo de verificación, o inmediatamente después de una reversión.	Registros específicos del proyecto, inspecciones de campo, informes de desastres.	Usado en la herramienta Permanencia y Riesgo (BioCarbon, 2025g)

A.2.2 Requisitos de documentación

(a) Todos los datos monitoreados deberán archivarse en formato digital, georreferenciados cuando corresponda, y conservarse por al menos 10 años después del último período de cuantificación o durante dos ciclos completos de verificación, lo que sea mayor.

(b) Los procedimientos de aseguramiento y control de la calidad (QA/QC) deberán incluir verificaciones cruzadas de datos, calibración de instrumentos y comprobación de la reproducibilidad de los cálculos.

(c) Cuando se aplique el juicio de expertos, el proceso deberá documentarse de acuerdo con la Herramienta MRV de BioCarbon.

Anexo 3 – Orientaciones para la evaluación de la incertidumbre

Este anexo proporciona orientación sobre cómo aplicar la Herramienta de Evaluación de la Incertidumbre de BioCarbon en proyectos de carbono azul. Establece los requisitos mínimos para documentar, calcular y aplicar ajustes conservadores cuando la incertidumbre afecte la cuantificación de las reducciones y remociones netas de GEI.

A.3.1 Nivel de confianza y regla de ajuste

(a) La incertidumbre deberá expresarse como un intervalo de confianza bilateral del 90 %.

(b) La semiamplitud relativa (RH) de este intervalo determinará el ajuste conservador aplicado a las reducciones y remociones netas de GEI:

$$RH = \frac{(Upper\ CI\ IC\ superior - Lower\ CI\ IC\ inferior)}{2 \times Mean} \times 100$$

Regla de ajuste

Si la RH ≤ 30 %: no se aplica deducción.

Si la RH > 30 %: el porcentaje que supere el 30 % se deducirá de las reducciones/remociones netas antes de la emisión de créditos.

A.3.2 Fuentes de incertidumbre

Los titulares de proyectos deberán considerar y documentar la incertidumbre en los siguientes parámetros:

(a) **Datos de actividad**

- Área de cambio del ecosistema (pérdida, restauración, gestión).
- Derivados de teledetección, SIG, cartografía de campo.

(b) **Factores de emisión/remoción**

- Factores de expansión de la biomasa, relaciones raíz-tallo, densidades de COS.
- Valores por defecto del IPCC o datos específicos del proyecto.

(c) **Flujos de GEI**

- Factores de emisión de CH_4 y N_2O (salinidad, fertilización).
- Medición o valores predeterminados del IPCC.

(d) **Muestreo y sistemas de medición**

- Parcelas de biomasa, extracción de muestras de suelo, densidad aparente, análisis de %C.

(e) **Supuestos de modelización, proxies, opinión de expertos**

- Modelado hidrológico e interpolación de datos.

A.3.3 Enfoques de cálculo

Los titulares de los proyectos deberán aplicar uno de los siguientes enfoques:

- **Nivel 1: método de propagación de errores** (determinista):

$$Var(Y) = \sum \left(\left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 Var(x_i) \right)$$

  Se aplica cuando se dispone de estimaciones de incertidumbre para los parámetros de entrada.

- **Nivel 2: métodos probabilísticos** (por ejemplo, simulación de Monte Carlo):
  - Se aplica cuando la calidad y la variabilidad de los datos justifican el uso de enfoques estocásticos.
  - Requiere al menos 5000 iteraciones y una documentación clara de las distribuciones utilizadas.

A.3.4 Ejemplo de tabla de incertidumbre por parámetro

Parámetro	**Tipo de dato**	**Valor medio**	**Incertidumbre (± %)**	**Fuente**
Área de pérdida de manglares (ha)	Teledetección	500	±10%	Landsat/Sentinel, IC del 95 %
Reserva de carbono BA (tC/ha)	Entrada (parcelas de campo)	120	±15%	Inventario de campo, ecuaciones alométricas
Reserva de COS (tC/ha, 0-1 m)	Entrada (muestras de suelo)	286	±20%	Muestras de suelo, análisis de laboratorio
FE de CH_4 (tCH_4/ha/año)	Default factor Factor predeterminado	0.011	±50%	Suplemento de humedales del IPCC 2013

Uso de combustibles fósiles (tCO_2)	Administrativo	200	±5%	Registros de combustible

La incertidumbre neta se calcula combinando las contribuciones individuales mediante propagación de errores o simulación de Monte Carlo.

A.3.5 Requisitos de documentación

(a) Deberá incluirse una tabla de incertidumbre por parámetro en cada Reporte de Monitoreo.

(b) Todos los supuestos, fórmulas, software y distribuciones de entrada (para simulaciones de Monte Carlo) deberán documentarse.

(c) El juicio de expertos deberá seguir los procedimientos de obtención descritos en el Anexo G de la Herramienta BioCarbon.

(d) Los archivos de cálculo de respaldo (Excel, R, Python, etc.) deberán archivarse y ponerse a disposición para la verificación.

Anexo 4 –Plantillas para el monitoreo y la presentación de informes

Este anexo proporciona plantillas estandarizados para apoyar la documentación y el reporte de los resultados de monitoreo en proyectos de carbono azul. Los titulares del proyecto deberán adaptar estas tablas al contexto de su proyecto e incluirlas en cada Reporte de Monitoreo presentado para verificación.

Los datos y resultados de monitoreo deberán presentarse siguiendo los formatos establecidos en este anexo y de conformidad con la Herramienta MRV de BioCarbon y los requisitos del Registro. Se recomienda el uso de formatos estructurados y legibles por máquina (por ejemplo, CSV, JSON) para facilitar la trazabilidad de los datos y la integración con sistemas digitales de MRV.

Para garantizar la claridad y la transparencia, el cálculo de los beneficios netos de GEI deberá seguir el proceso paso a paso descrito en las Secciones 12 a 15 (estratificación, muestreo, estimación de parámetros, agregación y deducción de incertidumbre). La deducción por incertidumbre deberá aplicarse después de la agregación y antes de la emisión de los créditos. Los proyectos que combinen parámetros de diferentes niveles (Tier) deberán documentar en el Reporte de Monitoreo la clasificación de nivel, las fuentes de datos y los métodos utilizados.

A.4.1 Plantilla para el monitoreo de las actividades del proyecto

ID de la actividad	A1
Descripción de la actividad	Restauración hidrológica de manglares degradados
ID del indicador	IND-01
Nombre del indicador	Área restaurada
Valor objetivo	100
Unidad de medida	ha
Metodología/herramienta	Teledetección + verificación sobre el terreno
Frecuencia de monitoreo	Anual
Entidad responsable	Titular del proyecto y monitores comunitarios
Resultados (período actual)	95 ha restauradas

Documentos de respaldo	Archivos de formas GIS, fotos
Observaciones	Ligero retraso debido a las condiciones meteorológicas

A.4.2 Plantilla de seguimiento del cumplimiento de las salvaguardias

Salvaguarda ID	S1
Indicador ID	SAF-01
Nombre del indicador	Participación efectiva de los pueblos indígenas y las comunidades locales
Tipo (cuantitativo/cualitativo)	Cualitativo
Objetivo	Evidencia del proceso de CLPI
Metodología/herramienta	Herramienta SDS de monitoreo participativo
Frecuencia	Bienal
Entidad responsable	Titular del proyecto y representantes de la comunidad
Resultados (período actual)	Proceso de CLPI completado
Documentos de respaldo	Registros de CLPI, actas de reuniones
Observaciones	Registro de quejas mantenido

A.4.3 Plantilla de monitoreo de la permanencia y el riesgo de reversión

Categoría de riesgo	Perturbaciones naturales

Indicador	Tasa de erosión de la costa
Unidad de medida	m/año
Puntuación de riesgo de línea base	2
Puntuación de riesgo actualizada	3
Método/herramienta	Datos de piezómetros, análisis de cambios en la costa mediante SIG
Medidas correctivas	Instalación de barreras de erosión adicionales
Documentos de apoyo	Informes de estudios de campo, imágenes tomadas con drones

A.4.4 Plantilla de evaluación de la incertidumbre

Parámetro	Reserva de COS (0-1 m de profundidad)
Tipo de datos	Muestreo de campo
Valor medio	286 tC/ha
Incertidumbre (±%)	±20%
Fuente	Muestreo de suelo, análisis de laboratorio
Método (Nivel 1/Nivel 2)	Nivel 1 (propagación de errores)
Ajuste final aplicado	Deducción del 2 %

A.4.5 Plantilla de monitoreo de fugas

Causante de la fuga	Desplazamiento de la acuicultura
Impacto potencial	Conversión de marismas adyacentes en estanques
Indicador	Área convertida (ha)
Método de monitoreo	Teledetección + visitas de campo

Frecuencia	Anual
Medida de mitigación	Proporcionar apoyo para medios de vida alternativos
Resultados (período actual)	o ha convertidas
Documentos de respaldo	Imágenes satelitales, entrevistas con partes interesadas

Historial del documento

Tipo de documento. Documento metodológico para proyectos de carbono azul

Versión	**Fecha**	**Naturaleza de la revisión**
Versión de consulta pública	3 de septiembre de 2025	Versión inicial: documento presentado para consulta pública
Versión 1.0	7 de noviembre de 2025	Revisión técnica y editorial integral tras el proceso de consulta pública. Se incorporaron los siguientes ajustes: Aclaración de límites en restauraciones transicionales tierra–mar; elegibilidad en casos de retiro gestionado; Criterios de modelación espacial (Sección 12.5); Nota de precisión y muestreo adaptativo (Sección 12.3); Marco de evaluación de fugas (Sección 13.6.1); Integración de gobernanza y beneficio compartido (Sección 14.2.1); Aclaraciones sobre permanencia (Sección 14.3); y, Mejoras en incertidumbre y MRV digital (Secciones 15–16 y Anexo 4).