



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

Nivel de Referencia Forestal El Salvador - 2020

Para pago por resultados de REDD+ bajo la Convención Marco
de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático





MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

Nivel de Referencia Forestal El Salvador - 2020

Para pago por resultados de REDD+ bajo la Convención Marco
de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador - Diciembre de 2020

Fernando Andrés López Larreynaga

Ministro

Coordinación

Edgar Noel Ascencio, Coordinador del Proyecto TF TFOA8848: Propuesta de Preparación Readiness de El Salvador

Elaboración

Bernardus Hendricus Jozeph de Jong, Consultor

Contribuciones técnicas:

Agustín José Inthamoussu Pereyra , Especialista de apoyo en SNMF ; Amilcar Antonio López Melara, Coordinador del Inventario Nacional de Bosque de El Salvador Proyecto TF TFOA8848: Propuesta de Preparación Readiness de El Salvador; Mario Giovanni Molina Masferrer, Gerente de Geoestadística para la Gestión del Riesgo y Cambio Climático, del MARN; Arturo Escalante, Gerente del Investigación, Desarrollo e Innovación, del MARN; Francisco Rivas, Desarrollo de Módulo del Sistema de Monitoreo (Jr.) Proyecto TF TFOA8848: Propuesta de Preparación Readiness de El Salvador; Jaime Clímaco, Desarrollador en Observatorio Ambiental, del MARN.

Edición, diagramación y diseño

Gerencia de Comunicaciones

Primera edición

Enero 2021

Este documento fue elaborado con financiamiento del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCCB) administrado por el Banco Mundial (BM), en el marco del proyecto TFOA8848: Propuesta de Preparación Readiness de El Salvador.

Este documento puede ser reproducido todo o en parte, reconociendo los derechos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Kilómetro 5 ½ carretera a Santa Tecla, calle y colonia Las Mercedes, Edificios MARN, instalaciones ISTA, San Salvador, El Salvador, Centroamérica.

Teléfono: (503) 2132-6276

Sitio web: www.marn.gob.sv

Correo electrónico: medioambiente@marn.gob.sv

Youtube: [youtube/MARNsv](https://www.youtube.com/MARNsv)

Facebook: /MedioAmbienteSLV/

Twitter: @MedioAmbienteSV

Instagram: @medioambientesv

Resumen NRF propuesto

NRF propuesto	1,359,188 ton CO ₂ eq/año
Tipo y periodo de referencia del NRF	Promedio histórico entre 2006-2015
Políticas y planes relevantes que definen período de referencia	NDC (2015). Plan Nacional de cambio Climático (2015). Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola (2015). Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP; 2012).
Escala espacial	Nacional
Actividades REDD+ incluidas	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de emisiones por deforestación. • Reducción de emisiones por degradación Forestal. • Aumento de existencias de carbono forestal. <ol style="list-style-type: none"> 1. Reforestación <ol style="list-style-type: none"> a. Ampliación de polígonos forestales b. Vegetación Secundaria 2. Recuperación forestal
Reservorios incluidos	Biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y carbono orgánico de suelos.
Gases incluidos	CO ₂
Definición de bosque	Tierras Forestales con cobertura arriba de 30 %, con árboles de más de 5 metros de altura y área mínima de 0.5 hectáreas. Incluyen sistemas agroforestales que cumplen con la definición (principalmente Cultivo de Café).
Consistencia con el último Inventario de GEI	Cambios metodológicos y disponibilidad de datos que no permiten la comparación de resultados. Se espera que el próximo INGEI use los mismos datos y metodologías.
Futuras mejoras técnicas	Se incluye un capítulo de mejoras y se presenta un documento por separado sobre MRV. (http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/SNMF%20EI%20S%20alvador%2022122020%20(2).docx). Está en estado de borrador avanzado, pero falta establecer los compromisos formales de las instituciones involucradas en generar la información requerida

Contenido

Glosario	12
Siglas y acrónimos	14
Introducción	15
1.1. Presentación Oficial del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales	15
1.2. Condiciones Nacionales	16
1.3. Aspectos geográficos	17
1.4. Uso del suelo	20
1.5. Políticas y Programas pertinentes	24
Construcción del Nivel de Referencia	32
2.1. Área de contabilidad	32
2.2. Período histórico de análisis de datos para generar el período de referencia	32
2.3. Actividades REDD+ incluidas	33
2.4. Definición de bosque	34
2.5. Depósitos de carbono y gases de efecto invernadero seleccionados	36
2.6. Datos de actividad	38
2.6.1 Estimación de áreas de cambio de cobertura	51
2.7. Factores de emisión y remoción	69
2.7.1 Densidades de carbono en biomasa para categorías forestales y no forestales	70
2.7.2 Factores de emisión y remoción de Carbono Orgánico de Suelo (COS)	98
2.8. Cálculo de las emisiones históricas para el período de análisis	101
2.9. Emisiones/remociones anuales.	112
Período de Referencia	115
Análisis de incertidumbre.	118
4.1. Datos de Actividad.	119
4.2. Cálculo de incertidumbre para Datos de Actividad	126
4.3. Cálculo de los factores de Emisión / Remoción.	128
4.4. Cuantificación de la incertidumbre en la estimación de emisiones/remociones.	131
4.4.1 Incertidumbre en la estimación de emisiones/remociones relacionada a los datos colectados y presentados para los dos períodos de análisis.	133
4.4.2 Nivel de incertidumbre en las emisiones/remociones con estimaciones anuales.	139

Consistencia con el INGEI	142
Oportunidades de mejora en el MRV	144
Referencia bibliografía	147
Anexos	151
Anexo 1. Tasas de deforestación y reforestación por categoría IPCC y subcategoría sin/con cobertura de árboles	151
Anexo 2. Distribución porcentual de los reservorios de biomasa en cada tipo de bosque y su estado de degradación, de acuerdo con el INB	155

Listado de Figuras

- Figura 1. Mapa Podológico de El Salvador (MAG, 2012)
- Figura 2. Proporción de usos y coberturas del suelo no forestal en 2011
- Figura 3. Proporción de cobertura forestal en 2011
- Figura 4. Relaciones entre plantas y suelos (Escobar 2009)
- Figura 5. Esquema de transición de la agricultura convencional a la agricultura sostenible y orgánica - Escobar, B J.C (2009)
- Figura 6. Construcción de transiciones a partir de cambios en los dos parámetros de cada punto en una unidad de muestreo
- Figura 7. Esquema ilustrativo de cobertura de dosel, utilizado para distinguir los estados de degradación de los bosques
- Figura 8. Parcela principal anidada
- Figura 9. Parcela principal en conglomerado para estrato de bosque salado
- Figura 10. Componentes del carbono analizados en el INB
- Figura 11. Remociones anuales de CO₂ en vegetación secundaria, establecidas en el período de 2001-2011 (Veg Sec 2001-2011), en el período de 2011-2018 (Veg Sec 2011-2018) y en plantaciones nuevas, establecidas entre 2001-2018.
-

- Figura 12. Tendencia en el total de emisiones/remociones anuales (en tCO₂/año) entre 2001-2018 para El Salvador, incluyendo emisiones de COS por deforestación y remociones de COS por reforestación.
- Figura 13. Tendencia en el total de emisiones/remociones anuales (en tCO₂/año) entre 2001-2018, promedio de emisiones del período histórico de de 2006-2015 y diferencia entre NRF2016-2018 y emisiones anuales 2016-2018.
- Figura 14. Plantilla para la evaluación de la exactitud en función de bosque y no bosque por transición
- Figura 15. Plantilla para la evaluación de la exactitud en función de bosque y no bosque por transición
- Figura 16. Plantilla para la evaluación de la exactitud en función de bosque y no bosque
- Figura 17. Porcentaje de coincidencia en la interpretación de Copa/No Copa entre consultor y revisor para 2001, 2011 y 2018.
- Figura 18. Tendencia en las emisiones anuales con los niveles de 5% inferior y 95% superior de la distribución de los resultados de las 5,000 simulaciones
- Figura 19. Tendencias en la contribución de las actividades que generan emisiones y actividades que generan remociones a la incertidumbre del NRF
- Figura 20. Esquema simplificado de monitoreo anual con sus reportes temporales y finales intercalados

Listado de Tablas

- Tabla 1. La superficie de cada tipo de suelo y su clase de suelo de acuerdo con IPCC.
- Tabla 2. Marco Legal vinculado con los Recursos Naturales.
- Tabla 3. Depósitos de carbono medidos en los bosques latifoliados naturales, bosques de coníferas naturales, bosques salados y cultivos de café
- Tabla 4. Gases de efecto invernadero incluidos en el NRF de El Salvador
- Tabla 5. Sistema de clasificación de la cobertura y uso del suelo
- Tabla 6. Nivel III de clasificación que se usan para bosques
- Tabla 7. Usos de suelos considerados en la clasificación de uso de cobertura para construir el nivel de referencia

- Tabla 8. Superficie de uso de suelo en 2001, 2011 y 2018 en hectáreas.
- Tabla 9. Matriz de transiciones de deforestación utilizadas para las estimaciones de emisiones de biomasa en la Referencia Nacional Forestal de El Salvador.
- Tabla 10. Matriz de transiciones de reforestación utilizadas para las estimaciones de remociones de biomasa en la Referencia Nacional Forestal de El Salvador
- Tabla 11. Ejemplo de una matriz de cambio e impacto en biomasa de dos tipos de bosques que se mantienen como bosques.
- Tabla 12. Transiciones de estado de copa que se tomaron en cuenta para cada tipo de bosque Nivel II en el cálculo de degradación. No se tomaron en cuenta transiciones de Zonas Boscosas en los cálculos de degradación
- Tabla 13. Transiciones de estado de copa que se tomaron en cuenta para cada tipo de bosque Nivel II en el cálculo de recuperación. No se tomaron en cuenta transiciones de Zonas Boscosas en los cálculos de recuperación.
- Tabla 14. Tasas de deforestación entre 2001-2011 y 2011-2018.
- Tabla 15. Destino proporcional de uso de suelo después de la deforestación.
- Tabla 16. Tasas de reforestación entre 2001-2011 y 2011-2018 en hectareas.
- Tabla 17. Superficie (en ha) de vegetación secundaria y plantaciones nuevas distribuidos en cohortes anuales, tomando en cuenta las pérdidas por deforestación y cambios en cohortes por degradación.
- Tabla 18. Origen proporcional de uso de suelo antes de la reforestación.
- Tabla 19. Tasas de degradación entre 2001-2011 y 2011-2018.
- Tabla 20. Tasas de recuperación de cobertura de bosques entre 2001-2011 y 2011-2018.;
- Tabla 21. Resumen de la Deforestación, Degradación versus Reforestación y Recuperación entre 2001-2011 y 2011-2018
- Tabla 22. Tasa de deforestación por tipo de bosque y tipo de suelo a NB-SA entre 2001-2011 y 2011-2018.
- Tabla 23. Número de parcela en bosques latifoliadas natural, bosque de conífera natural, bosque salado y café bajo sombra y su estado de degradación.
- Tabla 24. Características de las sub-parcelas en unidades de muestreo rectangular anidada 1.

- Tabla 25. Características de las sub-parcelas en unidades de muestreo en conglomerado
- Tabla 26. Porcentaje de copa respecto de la biomasa total aérea
- Tabla 27. Ecuaciones de cálculo de la biomasa total aérea para el manglar
- Tabla 28. Densidad media de la madera de diferentes especies presentes en el manglar
- Tabla 29. Reservorios de CO₂ calculados en el INB de El Salvador que se utilizaron para el NRF.
- Tabla 30. Numero de parcelas inventariadas por tipo de bosque y estado de degradación
- Tabla 31. Promedio de biomasa total por tipo de bosque y estado de degradación, numero de parcelas (N), D.E. y 90% intervalo de confianza.
- Tabla 32. Promedio de biomasa (en tCO₂) en los árboles con DAP > 10 cm por tipo de bosque y estado de degradación, el número de parcelas (N), D.E y 90% intervalo de confianza.
- Tabla 33. Promedio de biomasa (en tCO₂) en las plantas herbáceas por tipo de bosque y estado de degradación, el número de parcelas (N), D.E y 90% intervalo de confianza.
- Tabla 34. CO₂ (tCO₂/ha) en la biomasa inicial de tipos de bosques y estado de degradación y CO₂ (tCO₂/ha) en la biomasa final de No Bosque con Copa (CO₂FinalCA) y No Bosque sin Copa (CO₂FinalSA) y los factores de emisión para TF→NB-CA y TF→NB-SA (en tCO₂/ha).
- Tabla 35. CO₂ (tCO₂/ha) en la biomasa inicial de No Bosque con Copa (CO₂InicialCA) y No Bosque sin Copa (CO₂InicialSA) y CO₂ (tCO₂/ha) en la biomasa final de los tipos de bosques y estado de degradación y factores de emisión correspondientes FE NB-CA→TF y FE NB-SA→TF (en tCO₂/ha).
- Tabla 36. Factores de remoción (en tCO₂/ha/año) para vegetación secundaria y plantaciones nuevas (IPCC 2006)
- Tabla 37. Factores de emisión (FE) para la degradación de bosques a partir del tCO₂ en árboles con DAP > 10 cm en el estado inicial (CO₂Inicial) y final (CO₂Final).

- Tabla 38. Factores de remoción (FR) para la recuperación de bosques a partir del CO₂ en árboles con DAP > 10 cm en el estado inicial (CO₂Inicial) y final (CO₂Final).
- Tabla 39. COS de referencia (en tCO₂/ha) y el factor de cambio /Fi*Flu*Fmg) por tipo de bosque y suelo.
- Tabla 40. Cálculo de la tasa de remoción de COS a partir de la distribución proporcional de la reforestación por tipo de suelo, el COS inicial en agricultura y pastizales (promedio ponderado) y tiempo de recuperación (40 años).
- Tabla 41. Cálculo de emisiones de biomasa en tCO₂ por deforestación durante los períodos de 2001-2011 y 2011-2018 para TF→NB-CA y TF→NB-SA.
- Tabla 42. Cálculo de emisiones de COS por deforestación durante los períodos 2001-2011 y 2011-2018 para TF→NB-SA.
- Tabla 43. Remociones en biomasa por reforestación durante los períodos de 2001-2011 y 2011-2018 para las categorías de NB-CA→TF y NB-SA→TF.
- Tabla 44. Emisiones de CO₂ por degradación de bosques en los períodos entre 2001-2011 y 2011-2018.
- Tabla 45. Remociones de CO₂ por recuperación de cobertura de bosques que se mantienen como bosques para los períodos entre 2001-2011 y 2011-2018.
- Tabla 46. Promedio de emisiones/remociones de cada actividad y período de análisis
- Tabla 47. Las tasas anuales de deforestación y reforestación del estudio y la transformación aplicada a las tasas totales periódicas, sin tomar en cuenta la reforestación de Vegetación Secundaria.
- Tabla 48. Emisiones y remociones de CO₂ anuales de las actividades analizadas para el período de 2001-2018 para El Salvador.
- Tabla 49. Transiciones de puntos con presencia/ausencia de Copa para 2001, 2011 y 2018 en el punto de verificación con las transiciones poco probables en color rojo.
- Tabla 50. Transiciones de puntos con Bosque (B) y No Bosque (NB) para 2001, 2011 y 2018 en los puntos de verificación con las transiciones poco probables en color rojo.
- Tabla 51. Frecuencia y porcentaje de unidades con transiciones en estados de degradación poco (en naranja) o muy poco (en rojo) probable entre 2001 – 2011 – 2018 del total de 7698 unidades que cambiaron entre 2001 y 2018. Se excluyen los puntos con transiciones probables a muy probables.

Tabla 52.	Proporción de puntos en las 4 categorías de calidad de interpretación, que refleja la calidad de imágenes usados.
Tabla 53.	Ejemplo de la construcción de las tablas de incertidumbre para la transición de TF a NB-CA del período 2011-2018.
Tabla 54.	Porcentaje de puntos con árboles en los usos de suelo No-Bosque en 2001, 2011, 2018
Tabla 55.	Incertidumbre (%) en la estimación de emisiones/remociones generados por la variación en los valores de los factores de emisión/remoción y las transiciones que contribuyen $\geq 1\%$ a la incertidumbre para cada actividad.
Tabla 56.	Contribución de Datos de Actividad a la incertidumbre en las emisiones / remociones de cada categoría del período de 2001-2011 y las variables que contribuyen más de 1% a la incertidumbre en cada categoría.
Tabla 57.	Contribución de Datos de Actividad a la incertidumbre en las emisiones/ remociones de cada categoría del período de 2011-2018 y las variables que contribuyen más de 1% a la incertidumbre en cada categoría.
Tabla 58.	Incertidumbre (%) en la estimación de emisiones/remociones generado por la variación en los valores de los factores de emisión/remoción y las transiciones que contribuyen $\geq 1\%$ a la incertidumbre para cada actividad.
Tabla 59.	Emisiones y remociones de las actividades en el período de 2001-2011, los límites de 5% a 95% de intervalo de confianza de las estimaciones y las variables que contribuyen $>1\%$ a la incertidumbre en cada categoría.
Tabla 60. E	misiones y remociones de las actividades en el período de 2011-2018, los límites de 5% a 95% de intervalo de confianza de las estimaciones y las variables que contribuyen $>1\%$ a la incertidumbre para cada actividad.
Tabla 61.	Fuentes de incertidumbres utilizadas en la estimación del NRF anual.
Tabla 62.	Incertidumbre en las estimaciones del total de emisiones /remociones anuales, el límite de 5% inferior, la media y límite de 95% superior.
Tabla 63.	Rangos de incertidumbre (5% inferior, media, 95% Superior para el período de referencia histórica propuesto.



Glosario

Datos de actividad: cantidad medible de la actividad que resulta en una reducción o emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

Dióxido de carbono equivalente (CO₂ equivalente): unidad que permite comparar las emisiones de distintos gases de efecto invernadero, se obtiene multiplicando los distintos gases de efecto invernadero por sus respectivos factores, según GWP. Emisiones de GEI: GEI liberados a la atmósfera dentro de un período específico de tiempo, en general en unidades de masa de CO₂ (o CO₂ equivalente).

Emisiones directas de GEI: emisiones de GEI en fuentes propias y controladas por una organización, evento o proyecto.

Factor de emisión o remoción de GEI: factor que relaciona los datos de actividad con las emisiones GEI. En general está dado en unidades de toneladas de CO₂ por unidad de masa, volumen o energía.

Fuente de GEI: unidad física o proceso que libera GEI a la atmósfera.

Gas de Efecto Invernadero (GEI): constituyente gaseoso de la atmósfera, natural o antropogénico, que absorbe y emite radiación en longitudes de onda específicas dentro del espectro de la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. Los mismos se tratan de: Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorcarbono (HFCs), Perfluorcarbono (PFCs) y Sulfuro hexafluorido (SF₆).

GWP (Global Warming Potential): poder de calentamiento global define el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce hoy una liberación instantánea de 1kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO₂. Los potenciales de calentamiento global (GWP) de los primeros tres gases de efecto invernadero correspondientes a valores de 100 años son, según el Segundo Informe del IPCC y en concordancia con el Anexo C de la norma ISO 14064: 1 (CO₂), 21 (CH₄), y 310 (N₂O). Otros gases considerados en este estudio R22: GWP de 1810, R134a de 1.430 y el R410 de 2.088.

Huella de Carbono: es la cuantificación de la totalidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) medidos en términos de CO₂ equivalente, emitidos por efecto directo (emisiones directas) o indirecto (emisiones indirectas) de un individuo, organización, evento o proceso de elaboración de un determinado producto.

Incertidumbre: parámetro asociado con el resultado de la cuantificación que caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser razonablemente atribuidos a la cantidad cuantificada.

Inventario de GEI: son las fuentes de emisiones, sumideros de carbono, emisiones y remociones de GEI de una empresa

Nivel de aseguramiento: grado de aseguramiento que el usuario requiere en una validación o verificación. El nivel de aseguramiento es usado para determinar la profundidad o detalle que el validador o verificador designa al plan de validación o verificación para determinar si hay errores de materialidad, omisiones o errores de representación. Hay dos niveles de aseguramiento ("razonable" o "limitado") que resulta en diferentes declaraciones de validación o verificación.

Materialidad: concepto que establece que individualmente o un conjunto de errores, omisiones o errores de interpretación pueden afectar la declaración de emisiones de GEI y pueden influir al público de interés. La determinación de la materialidad incluye consideraciones cuantitativas y cualitativas y depende del nivel de aseguramiento definido por el usuario. El umbral de materialidad se define en el capítulo 1.2 bajo el criterio "relevancia".

Período de Referencia: período histórico especificado para el propósito de comparar las emisiones y remociones de GEI u otra información relacionada a GEI, a lo largo del tiempo.

Remociones de GEI: masa total de GEI removidos de la atmósfera dentro de un período específico de tiempo, en general en unidades de masa de CO₂ (o CO₂ equivalente).

Reporte de GEI: documento único que sirve para comunicar la información de una empresa con relación a los GEI a su público de interés.

Sistema de Información GEI: políticas, procesos y procedimientos para establecer, gestionar y mantener la información relacionada a los GEI.

Siglas y acrónimos

CIFOR	<i>Center for International Forestry Research</i>
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
DCC	División de Cambio Climático
ERPA	Acuerdo de adquisición de las reducciones de emisiones, por sus siglas en inglés
FAO	Food and Agriculture Organization
FCPF	Fondo de Asociación de Carbono Forestal, por sus siglas en inglés (del Banco Mundial)
FRA	<i>Forest Resource Assessment</i> (de FAO)
FREL/FRL	(NRF en español) <i>Forest Reference Emissions Level/Forest Reference Level</i>
FVC	Fondo Verde de Clima (<i>Green Climate Fund</i>)
GEI	Gas(es) de efecto invernadero
GFOI	<i>Global Forest Observations Initiative</i> , Iniciativa Global de Observación Forestal
ICRAF	<i>International Centre for Research in Agroforestry</i>
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> por sus siglas en inglés)
ISFL	Iniciativa de Paisajes Forestales Sostenibles
MDS	Modelos Digitales de la Superficie
NDC	Acciones Nacionalmente Determinadas (por sus siglas en inglés) de UNFCCC
RE	Reducción de Emisiones
UNFCCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>)
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura
VCS	<i>Verified Carbon Standard</i>

Introducción

1.1. Presentación Oficial del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

En respuesta a la invitación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), el Gobierno de El Salvador, a través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), presenta de manera voluntaria, el Nivel Nacional de Referencia de las Emisiones/Nivel de Referencia Forestales (NRF), de acuerdo con la decisión 1/CP.16, párrafo 71(b).

El Gobierno de El Salvador adoptó las medidas mencionadas en el párrafo 70 de la misma decisión (CMNUCC, 2011) y somete el NRF a revisión técnica, de acuerdo con los lineamientos y procedimientos adoptados en la decisión 13/CP.19 (CMNUCC, 2014), que estipula que el NRF puede ser evaluado técnicamente en el contexto de pagos basados en la reducción de emisiones por deforestación, degradación y mejora de los contenidos de carbono. El reporte incluye estimaciones de emisiones por deforestación, degradación y remociones de carbono por regeneración y reforestación. El NRF se presenta a nivel nacional, con excepción de algunas áreas en conflicto.

El NRF fue preparado siguiendo los lineamientos, señalados en el anexo de la decisión 12/CP.17 (CMNUCC, 2012) y sirve como base para mejorar las estimaciones de emisiones y remociones en el próximo Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) y BUR.

La información es transparente, completa, coherente y exacta y está incluida la información metodológica, que se utilizó al elaborar los niveles de referencia de las emisiones forestales y/o los niveles de referencia forestal, con inclusión de, entre otras cosas, una descripción de los conjuntos de datos, enfoques, métodos, modelos, y supuestos empleados, las descripciones de las políticas y planes pertinentes y las descripciones de los cambios existentes con respecto a la información presentada anteriormente. La información presentada en este informe fue generado acorde con las más recientes orientaciones y lineamientos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), e incluye:

- a) La información utilizada para elaborar el NRF;
- b) La información se presenta en forma transparente, completa, coherente y exacta, incluida la información sobre la metodología que se utilizó para elaborar el NRF;
- c) Los reservorios, gases y las actividades enumeradas en el párrafo 70 de la decisión 1/CP.16, que se incluyeron y excluyeron en el NRF;
- d) La definición de bosque utilizada al elaborar el NRF.

El procedimiento específico que se utilizó para la construcción del NRF sigue los lineamientos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), considerando:

- La consistencia con las orientaciones de la CMNUCC,
- El uso de guías y orientaciones del Panel Intergubernamental de Expertos sobre cambio Climático (IPCC) para estimar cambios en las reservas de carbono, emisiones y remociones asociadas,
- El uso de datos de actividad (DA) consistentes (sistema de clasificación basado en las clases del IPCC, estratificación de los bosques, sistemas de corrección y clasificación de imágenes estandarizado, apoyado por muestreo basado en imágenes de alta resolución)
- El uso de factores de emisión (FE) determinados a nivel nacional, regional y valores por defecto del IPCC.

Con este documento el Gobierno de El Salvador está presentando el NRF ante la CMNUCC para su consideración para el período de 2006-2015, con el fin de utilizarlo como base para analizar los impactos de actividades REDD+ del país a partir de 2016. El NRF tiene una vigencia hasta 2025.

1.2. Condiciones Nacionales

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) sirve como como punto focal de REDD+ de El Salvador ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) y ha centrado todos sus esfuerzos para elaborar el presente Nivel de Referencia de Emisiones Forestales/Nivel de Referencia Forestal (NRF) a nivel nacional. En el marco del proceso en el apoyo a la Estrategia Nacional de Mitigación basado en Adaptación (ENMbA) de El Salvador, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

de El Salvador, con fondos del Banco Mundial, contrató un consultor responsable para establecer el presente nivel de referencia para las emisiones/remociones de la deforestación, reforestación, degradación y recuperación forestal.

El Salvador cuenta con una cobertura forestal representada por bosque latifoliado natural, bosque de coníferas, bosque de galería, bosque salado, plantaciones de coníferas y latifoliados y café. Estos bosques han sido sometidos a actividades antropogénicas severas que han provocado la pérdida, degradación o fragmentación de estos bosques, como es la tala de maderas preciosas, conversión a áreas de cultivos de caña de azúcar, café, cultivo de granos básicos (maíz u frijol), frutales en zonas con fuertes pendientes y zonas montañosas, áreas de esparcimiento urbano y construcciones viales.

Debido a estos factores, se han disminuido radicalmente la cobertura de bosques intactos. Estos bosques presentan un gran potencial para la reducción/absorción de emisiones de GEI y tienen la capacidad de generar servicios ambientales, como equilibrar el balance hídrico, preservar los suelos, y conservar la biodiversidad entre otros impactos positivos.

1.3. Aspectos geográficos

El Salvador es el país más pequeño de América Central y el único que no tiene frontera con el mar Caribe y con sus casi siete millones de habitantes, es el más densamente poblado de la región. Limita al sur con el Océano Pacífico Norte, al noroeste con Guatemala y al norte y noreste con Honduras.

El relieve del Salvador está compuesto de una meseta central poco elevada (de 400 a 800 m de altitud) recortada por valles fluviales y recubierta de numerosos volcanes, de los cuales algunos están aún activos. La estrecha franja costera que bordea el océano Pacífico no supera los 25 km de ancho. El río Lempa, que es parcialmente navegable, es el principal río del país.

El clima de El Salvador es tropical, con una estación seca (noviembre a abril) y una estación húmeda (mayo a octubre). Se encuentra, según la altitud, tierras calientes, hasta 800 m, tierras templadas, hasta 1800 m y, más arriba, tierras frías. La temperatura anual media de la capital San Salvador, es de 24 °C.

Los órdenes de suelos presentes en los de El Salvador son los siguientes (Figura 1; MAG, 2012):

Aluviales: son suelos de materiales transportados o depositados en las planicies costeras y valles interiores. Son suelos de alta productividad permitiendo agricultura intensiva y mecanizada, aptos para toda clase de cultivos.

Andisoles: suelos originados de cenizas volcánicas, de distintas épocas y en distintas partes del país. Su capacidad de producción es de alta a muy alta productividad, según la topografía son aptos para una agricultura intensiva mecanizada para toda clase de cultivos. **Grumosoles:** suelos muy arcillosos de color gris a negro con vegetación de morros, cuando están muy mojados son muy pegajosos y muy plásticos. Su uso potencial es de moderada a baja, no apta para cultivos permanentes de alto valor comercial porque al rajarse cuando se seca, rompen las raíces de las plantas.

Halomórficos: suelos salinos de los manglares de colores grises debido a las condiciones anaeróbicas existentes durante su formación, por permanecer inundados frecuentemente. El uso potencial de estos suelos es muy pobre para la producción de cultivos agrícolas. **Latosoles arcillo rojizos:** suelos arcillosos de color rojizo en lomas y montañas. Son suelos aptos para casi todos los cultivos.

Latosoles arcillosos ácidos: son suelos similares a los Latosoles arcillo rojizos, pero más profundos, antiguos y de mayor acidez; por lo tanto, más empobrecidos en nutrientes. Su capacidad de producción es de moderada a baja, requieren de altas fertilizaciones.

Litoseles: suelos de muy poca profundidad sobre roca pura, son suelos muy complejos. El uso potencial es muy pobre de bajo rendimiento.

Regosoles: suelos profundos, jóvenes de material suelto o no consolidado. Se recomienda utilizar los regosoles únicamente para vegetación permanente como el cocotero, el marañón o el pasto.

Mapa pedológico - El Salvador

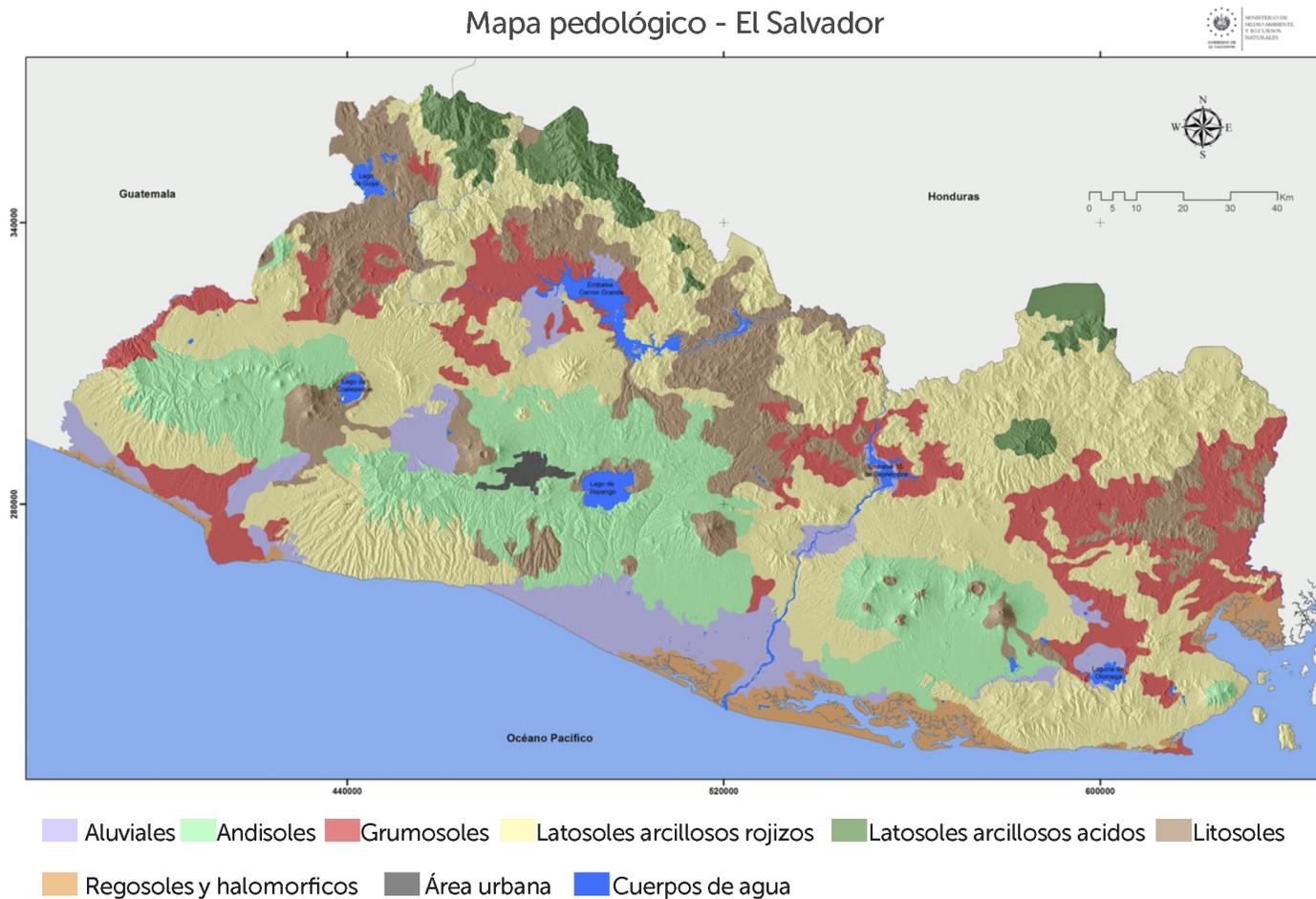


Figura 1. Mapa Podológico de El Salvador (MAG, 2012)

Tabla 1. La superficie de cada tipo de suelo y su clase de suelo de acuerdo con IPCC. (Pedologico-Fao.xls; Batjes 2010, <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Pedologico-Fao.xlsx>).

Tipo de suelo	Clase IPCC	Has
Agua		46,364
Aluvial	HAC	216,702
Andisol	VOL	389,067

Grumosol	LAC	186,533
Halomórfico	ORG	80,309
Latosol ácido	LAC	71,567
Latosol rojizo	LAC	833,862
Litosol	LAC	279,109
Urbano	UR	7,548

1.4. Uso del suelo

Para el NRF se tienen distinguidos un total de cuatro ecosistemas forestales naturales. 1- bosque latifoliado, 2- bosque de coníferas, 3- bosque de galería y 4- bosque salado, y dos tipos de plantaciones forestales, latifoliada y conífera. Hay otros usos de suelo que por su estructura se considera como bosque, tales como sistemas agroforestales (principalmente cultivos de café). Del total de la superficie territorial del país, correspondiente a 2'104,100 hectáreas (ha), el área clasificada como bosque es de 847,389 has (40 % de la superficie total) en 2001, incluyendo cultivo de café. De acuerdo a los lineamientos del IPCC (2003), se agruparon los usos de suelo en seis categorías principales:

Tierras Forestales (TF). Incluye toda la tierra con vegetación leñosa compatible con los umbrales usados para definir tierras forestales, incluyendo cultivo de café y bosque de galería. Además, incluye los sistemas con una estructura de vegetación que actualmente están por debajo de los límites establecidos, pero que in situ podrían alcanzar potencialmente los valores de umbral usados por el país para la definición de la categoría tierras forestales (como vegetación secundaria).

Tierras de Cultivo (AG). Esta categoría abarca tierras cultivadas, incluyendo los arrozales y caña de azúcar, cultivo de frutales y los sistemas agroforestales donde la vegetación queda por debajo de los umbrales usados para la categoría TF. Además, abarca los sistemas con vegetación arbustiva, hierbas y maleza.

Pastizales (PA). Categoría que incluye las praderas y tierras de pastoreo que no se consideran tierras de cultivo o bosque y otras áreas arbóreas, conformadas principalmente por cercos vivos y árboles dispersos en pastizales. También incluyen todos los pastizales, desde tierras silvestres a áreas recreativas, así como los sistemas silvopastoriles, consistentes con las definiciones nacionales.

Humedales (HU). Esta categoría abarca las zonas de extracción de turba y tierra cubierta o saturada de agua durante todo el año o parte de este (por ejemplo, cuerpos de agua, estanques y salineras), y que no entran en las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales o asentamientos. Incluye los ríos y lagos naturales como subdivisiones no gestionadas. La acumulación de sedimentos orgánicos y su deposición en zonas lacustres y costeras, en el caso de El Salvador, se encuentra en los humedales; principalmente en manglares, pantanos y marismas costeras aledañas. Se considera que los manglares/bosques salados con turberas son un tipo de vegetación que cumplen con la clasificación de bosque para el país.

Asentamientos (UR). Esta categoría comprende todas las zonas urbanizada, incluidas infraestructuras de transporte y tejido edificado continuo o discontinuo, si no han sido ya asignadas a otras categorías. Los elementos que entran en esta categoría deben ser consistentes con las definiciones nacionales.

Otras Tierras (OT). Incluye el suelo desnudo, roca, estanques y salineras y todas aquellas zonas terrestres que no encajan en ninguna de las otras cinco categorías. Permite que el total de las áreas de tierra identificadas coincida con el área nacional, donde se dispone de datos.

Los usos y coberturas del suelo presentado en esta sección corresponden a los datos del 2011. Los usos no-bosque más importantes son el uso agrícola con el 34 % del territorio nacional y el uso pecuario con un 19 %, para un total de 53 % de uso agropecuario (en Figura 2 se presenta la importancia de los Usos No Bosque y, en la Figura 3, la importancia relativa de los Bosques). Otros usos y coberturas son: tejidos edificados, los cuerpos de agua interiores con lagos y lagunas, arena, lava (playas y arena).

Las condiciones actuales del uso de la tierra en El Salvador se caracterizan por una alta dinámica en el uso de la tierra, influenciado por el mercado (precios de café y azúcar, sobre todo), la dependencia de la agricultura temporal de una gran parte de la población, y políticas nacionales hacia la restauración de tierras degradadas y paisajes forestales. Es por esta razón que las tierras forestales y el sector agropecuario juegan y jugarán un papel importante en la dinámica de uso de las tierras en el país.

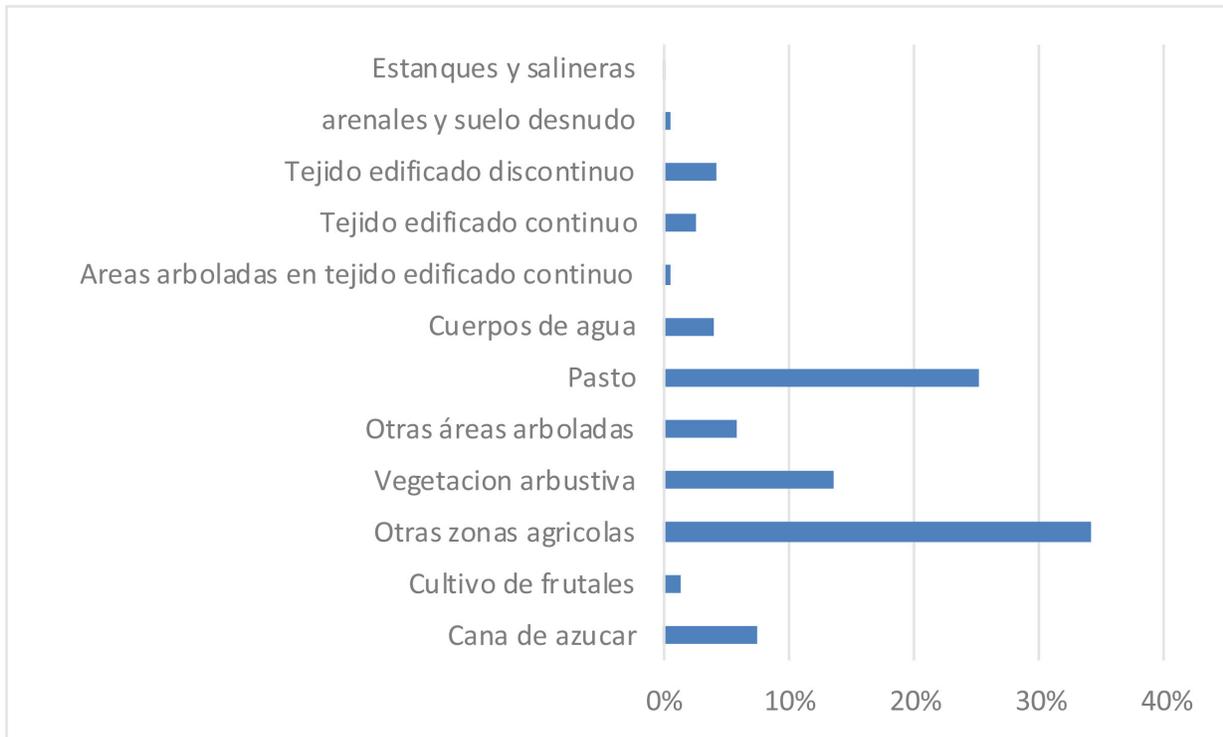


Figura 2. Proporción de usos y coberturas del suelo no forestal en 2011

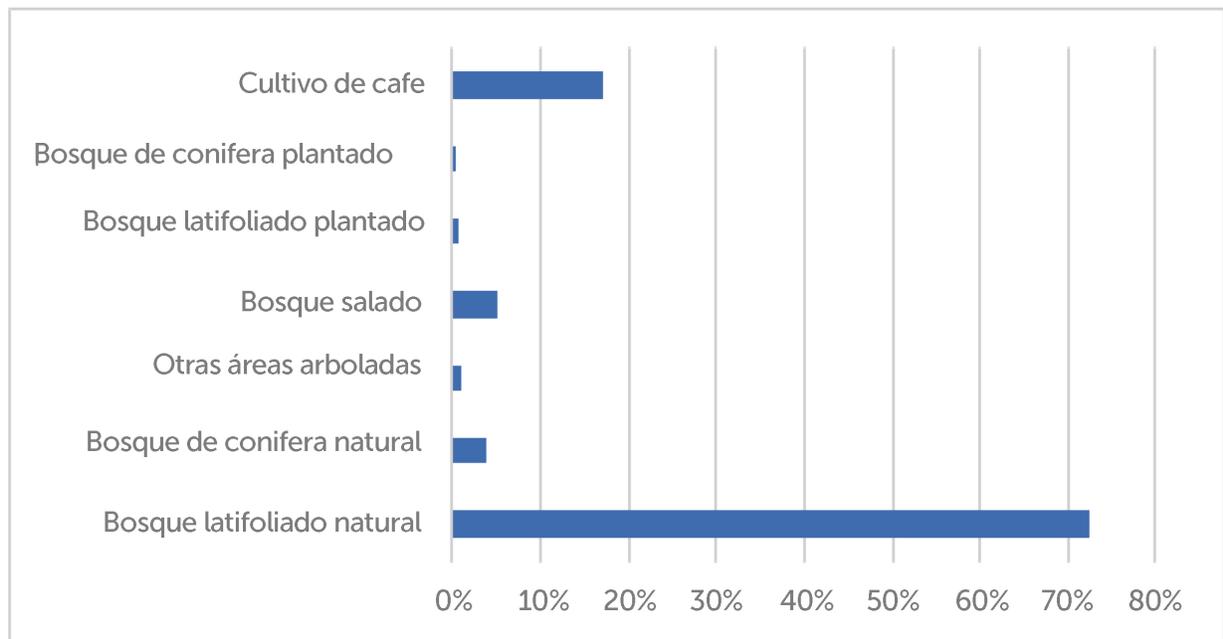


Figura 3. Proporción de cobertura forestal en 2011

En cuanto a las características más importantes de los bosques y cultivo de café, el Inventario Nacional de Bosque (MARN 2018) resalta los siguiente:

Para el estrato de *bosque latifoliado*, la densidad promedio de los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP es de 556 árboles/ha, el DAP promedio de estos árboles es de 19.6 cm y la altura total promedio de la masa forestal es de 11.3 m, el área basal promedio es de 21.36 m²/ha, el volumen promedio de los fustes es de 196.27 m³/ha, con una biomasa de 107.40 t/ha. Para este tipo de bosque, los componentes del carbono por orden de importancia son el componente suelo con 642.43 t CO₂/ha, el componente arbóreo con 200.03 tCO₂/ha {incluyendo árboles con DAP > 10 cm (UMBA1) y árboles entre 2 y 10 cm de DAP (UMBA2)}, seguido del componente raíces con 40.81 tCO₂/ha y el componente madera muerta con 20.44 tCO₂/ha. El componente de hojarasca es de 7.04 tCO₂/ha y el de herbáceas de 0.5 tCO₂/ha.

Para el estrato del bosque de coníferas, la densidad promedio de los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP es de 354 árboles/ha, con un DAP promedio de 25.0 cm y una altura total promedio de la masa forestal es de 14.2 m, el área basal promedio es de 20.46 m²/ha, el volumen promedio es de 183.18 m³/ha, y la biomasa es de 98.12 tCO₂/ha. Para este tipo de bosque, los componentes del carbono por orden de importancia son el componente suelo con 452.00 t CO₂/ha, el componente arbóreo con 189.97 tCO₂/ha, seguido del componente raíces con 37.41 tCO₂/ha y finalmente el componente madera muerta con 13.60 tCO₂/ha. La hojarasca aporta una cantidad de CO₂ de 6.68 tCO₂/ha y las herbáceas 0.17 tCO₂/ha de CO₂.

Para el estrato del bosque salado/ mangle, la densidad promedio de los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP es de 296 árboles/ha, el DAP promedio es de 18.9 cm y la altura total promedio de la masa forestal es de 12.6 m, el área basal promedio es de 9.52 m²/ha, el volumen promedio es de 80.35 m³/ha, y la biomasa es de 67.80 tCO₂/ha. Para este tipo de bosque, los componentes del carbono por orden de importancia son el componente suelo, cuyo contenido en CO₂ es en promedio el mayor para todos los estratos y todos los componentes, con 1,513.86 tCO₂/ha hasta 100 cm de profundidad, el componente arbóreo con 145.82 t CO₂/ha (incluyendo UMBA1+UMBA2), seguido del componente raíces con 85.76 tCO₂/ha y finalmente el componente madera muerta con 28.25 tCO₂/ha. No se encontró CO₂ asociado a los componentes de herbáceas y hojarasca.

Para el estrato del cafetal bajo sombra, la densidad promedio de los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP es de 257 árboles/ha, el DAP promedio es de 23.0 cm y la altura total promedio de la masa forestal es de 12.0 m, el área basal promedio es de 13.82 m²/ha, el volumen promedio es de 128.41 m³/ha, y la biomasa es de 76.33 tCO₂/ha. Para

este tipo de uso de suelo, los componentes del carbono por orden de importancia son el componente suelo con 418.38 t CO₂/ha, el componente arbóreo con 134.64 tCO₂/ha (UMBA1+UMBA2), seguido del componente raíces con 27.85 tCO₂/ha y finalmente el componente madera muerta con 18.79 tCO₂/ha. El componente de hojarasca añade 13.23 tCO₂/ha y las herbáceas 0.77 tCO₂/ha de CO₂.

Un desafío que enfrenta este NRF es la búsqueda de coherencia y consistencia para calcular los niveles de referencia sobre cambios de uso en el marco de la política forestal y ambiente, en particular la ENMbA. El país está en la fase de desarrollo de esta estrategia y da aún más importancia al NRF que se presenta en este documento, ya que brindará la base de estimaciones de emisiones y remociones sobre las cuales se podrán evaluar los éxitos de los diferentes elementos de la estrategia. Para superar este desafío se trabaja en coordinación cercana al equipo que está haciendo los mapas base para el cálculo de los niveles de referencia, asegurando que se está utilizando una categorización del uso de la tierra comparable con otros compromisos de reportes oficiales ante UNFCCC, tales como el INGEI-AFOUT y el BUR.

En el presente documento se describe la metodología general aplicada, incluyendo la selección de las categorías y usos de la tierra principales, el nivel de complejidad del inventario y el proceso de la recopilación de la información. Luego se presente para las categorías y subcategorías una descripción de los supuestos y de los métodos de cálculos utilizados para las estimaciones de las emisiones y su justificación, con sus respectivos resultados y descripción de incertidumbre; una visión general de las estimaciones del sector con una estimación de incertidumbre para los diferentes componentes; y finalizemos el documento con una comparación del enfoque utilizado en el NRF con los enfoques utilizados en los otros documentos oficiales para hacer recomendaciones para mejorar los procesos de toma de datos para inventarios futuros. En un documento por separado se presenta la propuesta detallada del sistema de MRV a aplicar para los futuros reportes oficiales.

1.5. Políticas y Programas pertinentes

Para El Salvador ha sido y es urgente iniciar acciones que le permitan adaptarse al cambio climático, a la vez disminuyendo la contribución a las emisiones, reduciendo con ello la degradación ambiental en que se encuentra los ecosistemas en la mayor parte de su territorio y que dejan en niveles de alta vulnerabilidad a su población. El país tiene la densidad poblacional más alta en el hemisferio, después de Haití, y un territorio altamente

deforestado, que aumenta el alcance del impacto de los eventos climáticos extremos, poniendo en riesgo a casi el 90% de la población, el 95% del territorio nacional y el 90% del Producto Interno Bruto (PIB, MARN S.F).

Aproximadamente el 65 % del territorio son zonas de ladera, con pendientes mayores del 15%. Los suelos en estas condiciones, son generalmente delgados (profundidad < 50 cm), con diferentes niveles de pedregosidad interna que limitan el crecimiento pleno del sistema radicular de las plantas y reducen la capacidad de almacenamiento de agua. Aunque la fertilidad promedio de los suelos puede ser caracterizada entre media y alta, esta se está deteriorando por el mal manejo de los suelos. Las condiciones anteriores hacen de la agricultura de ladera una actividad riesgosa desde el punto de vista de la producción y del ambiente. Se trata de un ambiente frágil, en donde la degradación del suelo y del agua, principalmente, puede ser muy, acelerada, dependiendo del sistema de producción.

El 95 % de los suelos de laderas han perdido su cobertura primaria, son suelos deforestados, que aunado a los sistemas de siembra en monocultivo, han causado la pérdida de la biodiversidad. Son por lo tanto suelos con alto grado de erosión y una alta vulnerabilidad biofísica, ya que las prácticas que se realizan en la mayoría de casos son degradantes y muy pocos esfuerzos se realizan por su conservación, siendo evidente la alta degradación física, química y biológica. Se reconoce que la degradación ambiental y los factores que la generan, junto con el cambio climático, son las principales amenazas a la biodiversidad en El Salvador. Además, considera que al revertir la degradación ambiental no solo se mejoran las condiciones para conservar nuestra riqueza biológica, sino que también se reduce la enorme vulnerabilidad del país frente al cambio climático.

Restaurar los ecosistemas degradados o deforestados para devolver las principales funciones ecosistémicas y beneficios provenientes de los recursos naturales es la prioridad principal del país para afrontar los efectos del cambio climático.

Según se contempla en la propuesta de NDC de El Salvador presentada a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (MARN 2015), para 2030, El Salvador establecerá y manejará un millón de hectáreas a través de "Paisajes Sostenibles y Resilientes al Cambio Climático", adoptando un abordaje integral de restauración de paisajes, donde se rehabilitarán y conservarán las zonas boscosas, se establecerán corredores biológicos mediante la adopción de sistemas agroforestales resilientes y transformación de las zonas agrícolas con prácticas sostenibles bajas en carbono, buscando la Neutralidad en la Degradación de las Tierras (MARN 2012). En este marco, se controlará la deforestación y

degradación de los ecosistemas forestales, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, conservando la cobertura arbórea actual, manteniendo las áreas naturales, incluido los manglares, los sistemas agroforestales y las plantaciones forestales existentes.

Además, se mejorarán las reservas forestales de carbono a través de un incremento en la cobertura arbórea con sistemas agroforestales y actividades de reforestación en áreas críticas, como bosques de galería, zonas de recarga acuífera, y zonas propensas a deslizamiento. Se apuesta a la incorporación de prácticas de restauración y conservación de suelo, control de la quema agrícola y forestal, el mejoramiento de pastizales y mejora en las prácticas de producción ganadera.

Para abordar esta situación, el gobierno del El Salvador está implementando la Estrategia Nacional REDD+, Mitigación basada en Adaptación: Restauración de Ecosistemas y Paisajes -ENMbA-a través del Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP) del MARN (MARN 2012, 2017), la cual ha sido desarrollado en el marco internacional para la reducción de la deforestación y degradación de los bosques REDD+ como uno de los mecanismos más importantes para mitigar y adaptarse ante el cambio climático.

Bajo este marco, El Salvador asume la restauración de ecosistemas y paisajes como un mecanismo que favorece la resiliencia de los territorios, protege los medios de vida, optimiza la producción, mejora la protección y uso apropiado de los recursos naturales y genera oportunidades económicas en zonas rurales, de una forma diferente y novedosa para evitar emisiones de gases de efecto invernadero, al mismo tiempo que reduce la vulnerabilidad y promueve la adaptación ante los efectos del cambio climático. Este enfoque está planteado para dar cumplimiento a las declaraciones constitucionales, legales y estratégicas en relación a la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales como fuente de desarrollo y bienestar de la población salvadoreña.

La Estrategia ENMbA ha sido apoyada por el proceso de preparación REDD+ del fondo cooperativo para el carbono de los bosques, administrado por el Banco Mundial y varias organizaciones y agencias de cooperación en el país. Este proceso cuenta con una amplia plataforma de gobernanza en donde participan múltiples partes interesadas con el propósito de garantizar la participación y consulta para las diferentes líneas y actividades que se proponen como opciones de estrategia.

El MARN y el MAG, cuentan con una estructura institucional y equipos técnicos que han sido comisionado para dar cumplimiento al mandato de la preparación de la Estrategia y seguimiento a la supervisión e implementación técnica. El fortalecimiento de estas unidades técnicas es muy importante para garantizar una implementación efectiva de la Estrategia. Las principales unidades técnicas involucradas son, por parte del MARN, la Dirección de ecosistemas y Biodiversidad que incluye el Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes-PREP-; la Dirección General de Gestión Territorial, donde están adscritos los técnicos de atención de quejas que fueron contratados por el proyecto REDD+ FCPF. También está involucrado la Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales del MARN.

Con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) se coordina con la Administración Forestal, dependencia de la Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego (DGFCR); así también con la Oficina de Información Respuesta del Instituto de Acceso a la Información Pública, que están instalados en MARN y MAG.

El Gobierno de El Salvador, a través del MARN ha tenido una fuerte gestión de recursos para la implementación de la Estrategia, y en general para reducir la vulnerabilidad del País ante efectos del cambio climático. Una serie de proyectos están en implementación, orientados al saneamiento del agua, planificación y gobernabilidad del agua, manejo de desechos, descontaminación de áreas críticas, manejo de cuencas, y reducción del riesgo. Por otra parte, el MARN ha emprendido la gestión de financiamiento para implementar la estrategia ENMbA en varias ventanillas de financiamiento, a saber: Cooperación Alemana, Fondo Verde del Clima, además de gestiones conjuntas que se realizan con otros ministerios y agencias de cooperación (MARN S.F.).

Los incendios forestales y las quemas agrícolas son una problemática recurrente, que afecta a los ya escasos recursos forestales del país, al provocar la destrucción y graves daños a los bosques naturales, plantaciones forestales y las áreas naturales protegidas. Esta problemática se incrementa en la época seca, debido principalmente al uso de prácticas agrícolas insostenible como la quema de rastrojos de los cultivos sin ningún control, quema de pastizales, quema de basura, trabajos de chapoda y quema de malezas.

Se ha diseñado y se está implementando la Estrategia Nacional para combatir los Incendios Forestales. El Salvador cuenta con una Estrategia Nacional de Manejo del Fuego de El Salvador, la cual fue preparada a través de un ejercicio conjunto con ocho instituciones

que conforman la Comisión Nacional de Incendios Forestales, bajo la coordinación del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Ministerio de Agricultura y Ganadería, con el apoyo del Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos a través de la Oficina de Asistencia para Desastres en el Exterior. Planificada para el periodo 2016 - 2025, la Estrategia busca integrar las políticas, planes y programas, mediante la coordinación interinstitucional y multidisciplinaria de acciones eficaces, para el manejo del fuego en todo el territorio nacional, conservando la biodiversidad y los ecosistemas, y mitigando los efectos del cambio climático, a fin de mejorar la calidad de vida de la población.

La Estrategia tiene como objetivo central establecer los lineamientos que regulen el manejo responsable del fuego, involucrando todos los actores relevantes del país y busca fortalecer el marco legal a efecto de que sea eficaz y concordante para que las instituciones y la población hagan un manejo responsable del fuego, y la adecuada prevención y control de los incendios forestales.

La Estrategia cuenta con cuatro líneas estratégicas: 1) La Gestión y Fortalecimiento de las capacidades institucionales necesarias para la atención eficaz de los incendios forestales y agropecuarios; 2) Gestión Social que busca impulsar acciones que promueven la participación e integración de la sociedad civil y empresa privada, en las diversas actividades que se desarrollen para el manejo del fuego en el país; 3) Gestión del Conocimiento que busca incorporar métodos y procesos efectivos de investigación y transferencia del conocimiento, con el fin de fortalecer las capacidades del recurso humano del país en materia de manejo del fuego; y 4) Gestión Integral del Riego para la ejecución de acciones de prevención, mitigación y respuesta para atender de una manera efectiva la ocurrencia de los incendios sean estos forestales o agropecuarios.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería plantea una serie de acciones concretas para ser ejecutadas en cada uno de los diferentes subsectores del agro, de la mano con productores, gobiernos locales, instituciones del Estado, ONG's y sector privado, a fin de reducir los daños y pérdidas que pudieran ocasionar los fenómenos climáticos extremos, tanto en la infraestructura como en la producción y las cosechas. Lo anterior, motiva al MAG a diseñar este instrumento de política para promover la adaptación al cambio climático del sector, con un enfoque en la gestión de riesgos agroclimáticos y el desarrollo de una Agricultura Sostenible y resiliente (MAG 2015). Para ello, se pone a disposición de los diferentes actores del sector agropecuario las orientaciones que les permitirán hacer frente a este fenómeno.

La estrategia de adaptación está basada en un modelo de ejecución donde las alianzas estratégicas son clave para la coordinación intersectoriales e interinstitucionales, el desarrollo de espacios para la participación de los diferentes actores a nivel local, regional y nacional; el fortalecimiento de la institucionalidad para facilitar su implementación y el desarrollo de un nuevo enfoque en la forma de cómo se viene practicando la agricultura, que demanda un giro hacia una Agricultura Sostenible, que coloca al ser humano y las organizaciones sociales en el centro de su desarrollo.

Para la ejecución de la estrategia se retoma la Cuenca Hidrográfica como el espacio territorial para la planificación de acciones, fomentar la participación, organizar los actores de los territorios junto al liderazgo de los Gobiernos Locales; a fin de que las acciones posibiliten el mejoramiento de las condiciones sociales, ambientales y productivas, a través de un proceso participativo que fortalezca la adaptación y reduzca la vulnerabilidad biofísica y socioeconómica de las comunidades y ecosistemas agrícolas ante los impactos crecientes del Cambio Climático.

Con la intervención descrita se fortalecerá la gestión territorial sostenible que debe hacerse en procesos sociales e institucionales que converjan las visiones compartidas en un marco habilitador creado por la articulación de acciones políticas e institucionales a nivel local y nacional, dichas acciones que contemplen el riesgo derivado del cambio climático y otros cambios globales relevantes que fortalezcan la capacidad de respuesta de los diferentes actores representativos en el territorio para la toma de decisión (MAG 2015).

Para el MAG, realizar un Manejo Estratégico del suelo es el camino para recuperar sus servicios ecosistémico, lo que implica restaurar su funcionalidad producto de su relación con las plantas. Los suelos proveen a las plantas de sostén y nutrición producto del ciclo de nutrientes y la vegetación provee a los suelos protección para que no esté expuesto al impacto de la lluvia, no se erosione, no se recaliente, y a la vez, aporta biomasa (materia orgánica) para el reciclaje de nutrientes (Figura 4 y 5). Producto de esta relación las plantas absorben el carbono inorgánico de la atmósfera para la producción de biomasa y el suelo actúa como un sumidero de carbono al acumular materia orgánica.

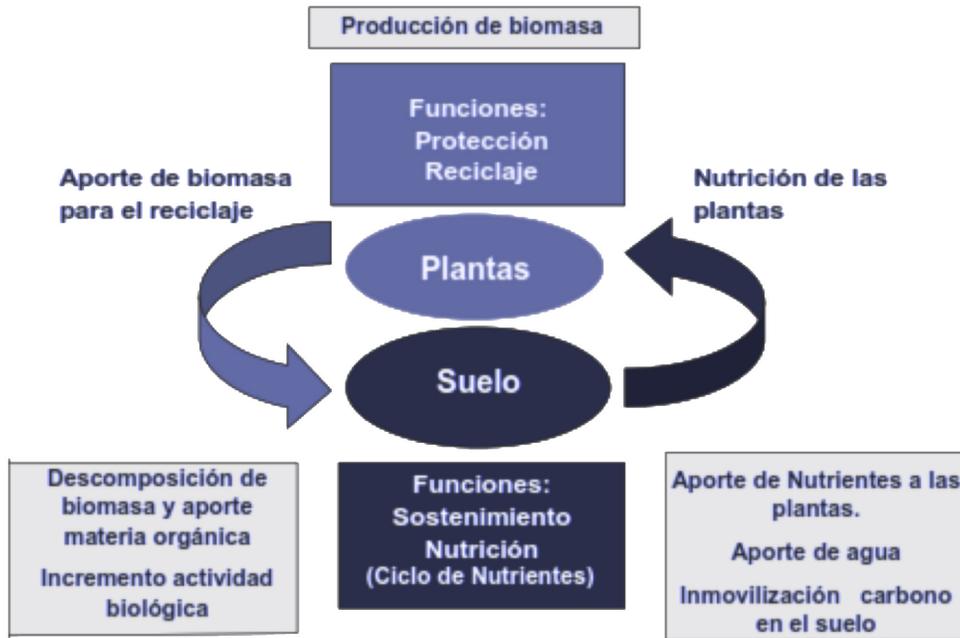


Figura 4. Relaciones entre plantas y suelos (Escobar, 2009).

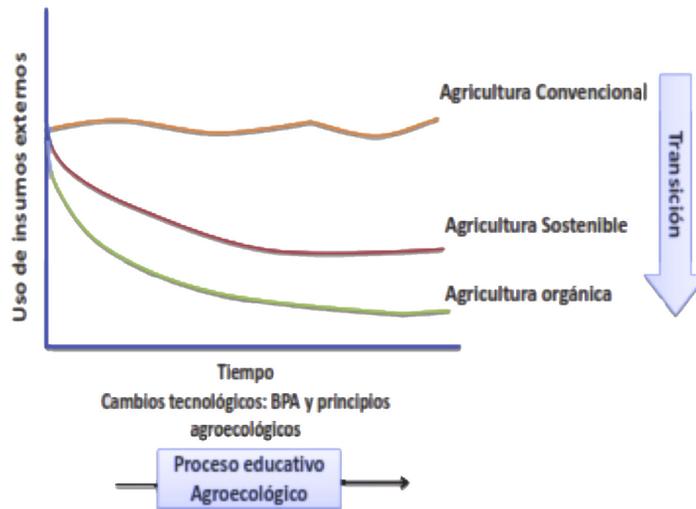


Figura 5. Esquema de transición de la agricultura convencional a la agricultura sostenible y orgánica - Escobar, B J.C (2009)

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), es el punto focal nacional ante la CMNUCC y por la magnitud del tema ha promovido la generación de acuerdos de cooperación interinstitucionales con el MAG, Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano (MOPTVDU), Ministerio de Relaciones Exteriores (MIREX) y Ministerio de Hacienda. Como parte de los compromisos para retomar la problemática ligada al cambio Climático en el Sector Agropecuario, el MAG en el año 2011 creó la División de Cambio Climático dentro de la estructura Organizativa de la Dirección General de Ordenamiento Forestal Cuencas y Riego, a fin de retomar el liderazgo institucional en este tema.

El Salvador es partícipe de diversos tratados y convenios multilaterales en la temática de cambio climático, su historial inicia en 1995, cuando ratifica la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y Protocolo de Kioto en 1998. En cuanto a la normatividad nacional, existen una serie de legislaciones pertinentes:

Tabla 2. Marco Legal vinculado con los Recursos Naturales

<p>Ley Forestal Decreto No 852 de la Asamblea Legislativa de la República de El Salvador. 22/Mayo/2002</p>	<p>Tiene por objetivo establecer las disposiciones que permitan el incremento, manejo y aprovechamiento en forma sostenible de los recursos forestales y el desarrollo de la industria maderera al considerar que los recursos forestales son parte del patrimonio natural de la Nación y corresponde al Estado su protección y manejo.</p>
<p>Ley de Áreas Naturales Protegidas Decreto No 579 de la Asamblea Legislativa de la República de El Salvador. 13/Enero/2005</p>	<p>Su objetivo es regular el establecimiento del régimen legal, administración, manejo e incremento de las ANP, con el fin de conservar la diversidad biológica, asegurar el funcionamiento de los procesos ecológicos esenciales y garantizar la perpetuidad de los sistemas naturales, a través de un manejo sostenible para beneficio de los habitantes del país</p>
<p>Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial Decreto No 644 de la Asamblea Legislativa de la República de El Salvador. 11/Marzo/2011</p>	<p>La Ley se fundamenta en la utilización del suelo según su vocación; la conectividad territorial y la conexión de los servicios básicos en los asentamientos humanos; la protección y conservación del patrimonio cultural y arqueológico.</p>
<p>Ley de riesgos y Avenamiento Decreto No 153 de la Asamblea Legislativa de la República de El Salvador. 11/Noviembre/1970</p>	<p>Su fin es incrementar la producción y la productividad agropecuaria mediante la utilización racional de los recursos suelo y agua, así como la extensión de los beneficios derivados de tal incremento, al mayor número posible de habitantes del país.</p>

Ley de Sanidad Vegetal y Animal Decreto No 524 de la Asamblea Legislativa de la República de El Salvador. 20/Noviembre/1995	Tiene por objetivo establecer las disposiciones fundamentales para la protección sanitaria de los vegetales y animales.
Propuesta de Política Forestales 2011-2030	Su propósito es recuperar la cobertura forestal del país y fomentar la restauración de paisajes y modernizar el sector forestal nacional para que disminuya la vulnerabilidad del país frente a fenómenos naturales.
Propuesta de Política de Riego y Avenamiento	Orienta las líneas estratégicas para promover la agricultura bajo riego y fomentar la seguridad alimentaria del país.
Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional	Su objetivo es garantizar el derecho a una alimentación saludable para toda la población salvadoreña, en una forma progresiva, iniciando con las poblaciones en condiciones de mayor vulnerabilidad, promoviendo la seguridad alimentaria y nutricional y la soberanía alimentaria de manera ambiental, social, cultural y económicamente sostenible.

Construcción del Nivel de Referencia

2.1. Área de contabilidad

El área de contabilidad consiste en todo el país con una superficie oficial de 2,104,100 hectáreas, incluyendo islas en el Golfo de Fonseca. Se excluyen de la contabilidad las áreas en conflicto con Honduras, aunque se incluyen en los mapas debido a disposiciones generales del gobierno de El Salvador.

2.2. Período histórico de análisis de datos para generar el período de referencia

Los datos de actividad que se utilizaron para generar las estimaciones de emisiones anuales son de 2001 a 2018, dividido en dos etapas de análisis entre 2001-2011 (2001-2002, 2002-2003, total 10 años) y 2011-2018 (7 años), con el fin de mostrar si hay tendencias de emisiones y remociones en el tiempo. Se utilizaron una serie consistente de datos de uso de la tierra para los años 2001, 2011 y 2018 y densidad de biomasa a partir del Inventario Nacional de Bosques, adecuados para la aplicación del enfoque 2 del IPCC para datos de actividad y Tier 2 para factores de emisión de biomasa, con Tier 1 para factores de emisión/remoción

de Carbono Orgánico de Suelo (COS). Para las actividades de deforestación y reforestación se cuenta con un análisis de cambio anual (López-Melara 2020) que se usó para estimar el NRF anual, usando los promedios anuales de la degradación y recuperación de dosel para los dos períodos analizados. Los datos fueron desarrollados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), con fondos del FCPF mediante el Banco Mundial.

2.3. Actividades REDD+ incluidas

El NRF que se establece incluye las emisiones y remociones producidas en la conversión de Tierras Forestales a No Forestales (Deforestación), la conversión de Tierras No-Forestales a Tierras Forestales (Reforestación) y emisiones/remociones de carbono en Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales (degradación y recuperación forestal).

- Emisiones por Deforestación: constituyen las emisiones en Tierras Forestales convertidas en Otros Usos, TF→ NB (Tierras Agrícolas, Praderas, Humedales, Asentamientos y Otras Tierras).
- Emisiones por degradación forestal: constituyen las emisiones en Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales, TF → TF. Las emisiones derivadas de la degradación de los bosques se calculan a partir de la estimación del cambio en el porcentaje de cobertura de dosel del bosque dentro una unidad de muestreo, mediante 25 puntos de evaluación visual multi-temporal sobre imágenes de alta resolución en cada unidad de muestreo¹. Se establecen 4 categorías de cobertura para las unidades que tienen > 9 puntos con bosque: intacto con 90-100 % cobertura, degradado con 60-89% de cobertura y muy degradado con 30-60 % de cobertura; bosque con <30% de cobertura se considera bosque extremadamente degradado y unidades de muestreo con < 10 puntos se consideran Zonas Boscosas sin estimación de cobertura ya que la estimación de cambio de cobertura de polígonos con <10 puntos de bosque tendría mucha incertidumbre.
- Aumento de existencias de carbono forestal: constituyen las remociones producidas en Tierras Forestales que permanecen como tales, TF → TF y en todas las Tierras No-Forestales convertidas a Tierras Forestales NB → TF. La remoción de carbono producto de la recuperación de la cobertura de copa en tierras forestales que permanecen como

¹ Diseño e implementación de una malla sistemática de análisis visual (2001 a 2018) de cambio de cobertura y uso de suelo, basado en la interpretación de imágenes de alta resolución, MARN. 2020.

tales, se estima mediante la misma metodología utilizada para calcular las emisiones derivadas de la degradación forestal. La remoción de carbono en Tierras No Forestales convertidas en Tierras Forestales se divide en dos sub-categorías: 1) NB → TF en unidades de muestreo que ya tienen puntos de verificación clasificados como bosques (en este caso se considera la reforestación como ampliación del polígono de bosque que mantiene la misma densidad de biomasa) y, 2) NB → TF en unidades de muestreo sin puntos de verificación de bosque (se considera los nuevos bosques como vegetación secundaria). Solo se toma en cuenta vegetación secundaria establecida a partir de 2001 y no incluye la acumulación de carbono en bosque secundarios establecidos antes de 2001, ya que no hay datos disponibles; sólo se consideran emisión/remoción en estas parcelas si haya un cambio en la cobertura de dosel. Las plantaciones forestales establecidas a partir de 2001 se analizan de igual forma que vegetación secundaria.

Es importante aclarar que no se incluyen emisiones o remociones por manejo sustentable y conservación de reservorios, ya que la metodología aplicada para obtener los datos de actividad no permite separarlas de las otras actividades. Como tal, se presume que los bosques estables en el tiempo no cambian de biomasa, ya que no hay remediciones del INB.

2.4. Definición de bosque

La construcción del nivel de referencia utiliza la siguiente definición operativa de bosque:

“Es un ecosistema natural o plantado dominado por vegetación arbórea, que produce bienes, provee servicios ambientales y sociales, cuya superficie mínima es de 0.50 ha, con una cobertura de copa arbórea que supera el 30 % de dicha superficie y árboles o arbustos con potencial para alcanzar una altura mínima de 4 metros en su madurez in situ. Se incluyen en esta definición los sistemas agroforestales, particularmente café con sombra, que cumplan con estos criterios”.

La inclusión del cultivo de café que cumple con los criterios de la definición de bosque se debe a la importancia del cultivo de café en la economía rural, generación de trabajo, y en el uso de suelo. La restauración a través de los sistemas agroforestales son una parte sustancial de los programas que a su vez forma parte de la estrategia REDD+ del país. El cultivo de café posee una importancia estratégica para la conservación de biodiversidad, reservorios de carbono y es proveedor de otros servicios ecosistémicos (agua, suelo) que son vitales para el país. Por lo anterior, la rotación del café no se considera deforestación siempre y cuando el uso de suelo no cambia.

La definición en mención, incluye las áreas cubiertas de árboles jóvenes que aún no han alcanzado, pero pueden alcanzar una cubierta de dosel de 30% y una altura de 4 metros. Incluye también las áreas de agricultura migratoria abandonadas con una regeneración de árboles que alcanzan, o son capaces de alcanzar, una cubierta de dosel de 30% y una altura de 4 metros y áreas de bosque salado que, a pesar de no alcanzar los 4 m de altura, no obstante, están formadas por especies arbóreas adaptadas a estas condiciones de tierra. En el análisis visual de imágenes satelitales, puntos sobre aperturas dentro un bosque, sin señales de uso de suelo no forestal fueron clasificados como Bosque sin Copa. Puntos en áreas agrícolas que se cultivan por poco tiempo solo se identifican como Bosque (clasificado como Vegetación Secundaria) en cuanto se observa una cobertura que cumple con los criterios de Bosque.

Incluyen las plantaciones forestales en diferentes estados de desarrollo, las áreas cubiertas de bambú y palmeras regeneradas naturalmente, siempre que éstas alcancen el límite mínimo establecido en cuanto a altura y cubierta de dosel. Excluye formaciones de árboles en los sistemas de producción agrícola o ganadero, tales como plantaciones de frutales y plantaciones de cocoteros, cercos vivos y árboles dispersos en pastizales.

Los sistemas agroforestales como el sistema "Taungya", en el que se siembra cultivos solamente durante los primeros años de la rotación forestal, se deben clasificar como bosque, igual los sistemas de bosques originados naturalmente sometidos a pastoreo extensivo se clasifican como bosque. La clasificación de estos sistemas agroforestales en alguna de las 7 subclases de bosques depende de la estructura y composición del bosque. Por ejemplo, bosques con pastoreo con árboles de coníferos fueron clasificados como Bosque de Conífera. Áreas arboladas en franjas de menos de 20 metros se excluyen, con excepción de bosques de galería que se encuentran a 20 m a ambos lados del cauce de ríos y arroyos.

A continuación, se brindan las definiciones de deforestación, degradación y reforestación consideradas en la estimación del Nivel de Referencia:

- **Definición de deforestación:** disminución inducida por el hombre de la cobertura del dosel del bosque por debajo de 30 %. La eliminación de la cobertura es a largo plazo o permanente, y resulta en un uso de la tierra no forestal. Considerando que dentro de las tierras forestales se incluyen los sistemas agroforestales que cumplen con la definición de bosque, la estimación de emisiones por deforestación incluye las transiciones de estos cultivos a tierras no forestales (usos no forestales con o sin presencia de árboles).

Para el análisis de cambio de uso de suelo se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución. Se consideró el cambio de cobertura que se observó entre dos 2001 y 2011 o 2011 y 2018 como deforestación si se observó un cambio en el uso de suelo alrededor del punto de observación (análisis de contexto). En caso que no se detectó un cambio en uso de suelo de bosque a no-bosque, solo se registró un cambio en el estado de cobertura del punto que posteriormente se utilizó como base para el análisis de degradación. Toda la deforestación es considerada de origen antropogénica.

- **Definición de degradación:** disminución inducida por el hombre de la cobertura del dosel del bosque, sin llegar a disminuirla por debajo del umbral del 30 % establecido en la definición de bosque y que induce a otro uso de suelo. La estimación del flujo de carbono por degradación se estima de forma bruta, considerando por separada pérdidas (degradación) y ganancias (aumento de reservorios) de existencias de carbono a partir de cuatro categorías de cobertura de dosel. Asimismo, considerando que dentro de las tierras forestales se incluyen los sistemas agroforestales que cumplen con la definición de bosque, la estimación de emisiones y remociones por degradación y recuperación de cobertura incluyen las transiciones de sistemas agroforestales a bosque natural y plantado y viceversa y dependen de los cambios en el porcentaje de cobertura entre t_0 y t_1 .
- **Definición de reforestación:** actividades que conducen a la reconversión de Tierras No Forestales a Tierras Forestales e incluye el restablecimiento de bosques con una cobertura de copas mayor a 30 %, por medios naturales y artificiales en terrenos deforestados. Asimismo, incluye el establecimiento de sistemas agroforestales con cobertura arbórea mayor al 30 %, en tierras previamente deforestadas.

2.5. Depósitos de carbono y gases de efecto invernadero seleccionados

En las Tablas 3 y 4 se indican los depósitos de carbono y gases de efecto invernadero incluidos en el nivel de referencia.

Tabla 3. Depósitos de carbono medidos en los bosques latifoliados naturales, bosques de coníferas naturales, bosques salados y cultivos de café

Depósito		Incluido	Descripción
Biomasa viva	Aérea	Si	<p>Toda la biomasa de la vegetación viva, tanto de madera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluidos tallos, cepas, ramas, corteza, semillas y follaje.</p> <p>Nota: en los casos en los que el sotobosque sea un componente menor del depósito de carbono de la biomasa aérea, es aceptable que se lo excluya para las metodologías y los datos asociados que se utilizan en ciertos niveles, siempre que éstos se empleen de manera coherente a lo largo de toda la serie temporal del inventario. Se cuenta con tasas de acumulación de biomasa arriba del suelo en ecosistemas boscosos, específicas para el país.</p>
	Subterránea	Si	<p>Toda la biomasa de las raíces vivas. A menudo, las raíces finas, de menos de 2 mm de diámetro (sugerido), se excluyen porque, empíricamente, no se las puede distinguir de la materia orgánica del suelo o de la hojarasca. La biomasa subterránea de los bosques se calcula utilizando la ecuación de Cairns et al 1997 (Cairns, Brown, Helmer, & Braumgardner, 1997).</p>
Materia orgánica muerta	Madera muerta	Si	<p>Incluye toda la biomasa leñosa no viviente que no está contenida en la hojarasca, ya sea en pie, tendida en el suelo o semienterrada. La madera muerta incluye la madera tendida en la superficie, las raíces muertas y las cepas de 10 cm de diámetro o más.</p>
	Hojarasca	Si	<p>Incluye toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite establecido para la materia orgánica del suelo (2 mm) y menor que el diámetro mínimo elegido para la madera muerta (2 cm), que yace muerta, en diversos estados de descomposición por encima o dentro del suelo mineral u orgánico. Incluye la capa de hojarasca como se la define habitualmente en las tipologías de suelos. Las raíces vivas por encima del suelo mineral u orgánico (por debajo del diámetro mínimo límite elegido para la biomasa subterránea) se incluyen con la hojarasca cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente.</p>

Suelos	Materia orgánica del suelo	Si	<p>Incluye el carbono orgánico contenido en suelos minerales hasta una profundidad dada, elegida por el país y aplicada coherentemente a lo largo de la serie temporal. Las raíces finas vivas y muertas y la DOM (<i>Dead Organic Matter</i> – Materia Orgánica Muerta) que se encuentran dentro del suelo y que mide menos que el límite de diámetro mínimo (sugerido 2 mm) para raíces y DOM se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente. El valor por defecto para la profundidad del suelo es de 30 cm. En el caso de El Salvador, la profundidad es de 20 cm para el Bosque General y el Café Bajo Sombra, y 100 cm para el mangle. De acuerdo con las estimaciones del INB, la hojarasca, materia muerta y carbono en suelo (COS) representan el 1.1 %, 1.2 % y 69.8 % del Carbono total (AGB + BGB + Hojarasca + Materia muerta + COS) en el total de las parcelas inventariadas del INB. Para estimar las emisiones y remociones de COS se usan los factores por defecto de IPCC, ya que no hay datos de COS en No Bosque.</p>
---------------	-----------------------------------	-----------	--

Tabla 4. Gases de efecto invernadero incluidos en el NRF de El Salvador

Gas de efecto invernadero	Incluido	Justificación
CO ₂	Si	<p>El NRF incluye las emisiones y remociones de CO₂, pero no incluye las emisiones de gases distintos al CO₂. Los datos históricos disponibles no son espacialmente explícitos y no hay datos disponibles sobre los impactos de los incendios, tales como cuales tipos de combustibles son afectadas, la proporción de combustible quemado, etc.</p>
CH ₄	No	
N ₂ O	No	

2.6. Datos de actividad

Los datos de actividad utilizados para el cálculo del NRF son los siguientes:

- Deforestación (ha x año⁻¹): área anual deforestada de bosque latifoliado natural y plantado, bosque de conífera natural y plantado, bosque salado, bosque de galería, y cultivo de café, de 2001 a 2011 y 2011 a 2018, todos separados en 4 clases de degradación: intacto (cobertura ≥ 90 %), degradado (cobertura 60-89 %), muy degradado

(cobertura 30-59 %) y extremadamente degradado (cobertura <30 %). Para el período de 2011-2018 se incluye la deforestación de vegetación secundaria establecida entre 2001-2011, estimado en cohortes del año establecido.

- Degradación forestal (ha x año⁻¹): área con pérdida de cobertura de copa en Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales entre 2001-2011 y 2011-2018. Se calcula las emisiones a partir de cambios en las categorías de cobertura de la proporción de bosque remanente dentro una unidad de muestreo (número de puntos con bosque dentro una unidad de muestreo).
- Aumento de existencias de carbono forestal (ha x año⁻¹): área anual de establecimiento de bosque regenerado (como aumento del polígono forestal en una unidad de muestreo o como vegetación secundaria y plantaciones nuevas en una unidad sin bosque previo) y área con ganancia de cobertura de copa en Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales (Recuperación de cobertura) entre 2001-2011 y 2011-2018. La vegetación secundaria se identifica a partir del análisis de puntos y unidades en 2011 (VegSec2011) y otra vez para 2018 (VegSec2018).

Los datos de actividad se derivan de una base de 21,103 unidades de muestreo establecidas en una malla sistemática de 1 km * 1 km sobre la superficie del país, cada unidad conformado por 25 puntos establecidos en un cuadrante de 70 * 70 m.

En cada punto se registraron dos parámetros distintos: 1) uso de suelo (Nivel II, Tabla 5) y 2) el punto cae sobre la copa de un árbol si/no. Las 21,103 unidades con sus 25 puntos fueron analizadas en forma de serie temporal en imágenes de satélite de 2001, 2011, y 2018. Este tipo de muestreo implica que cada punto representa aproximadamente 4% del uso de la unidad de muestreo que a su vez es de 0.49 ha.

Entonces, el total de unidades de muestreo representa 0.5 % de la superficie total del país. Para cada punto se puede estimar la superficie que representa la actividad en el país, multiplicando el número de puntos con algún cambio de uso por la superficie que representa el punto: superficie total del país (2´104,100 ha) dividido entre 21103*25 (casi 4 has) (ver "Metodología de interpretación V8.pdf para detalles de la interpretación visual de imágenes satelitales <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documentos/26>).

El estudio: "Análisis de cambios anuales en la cobertura arbórea y otros usos del suelo en El Salvador usando la herramienta de *Collect Earth Online* (CEO) a partir de muestreo por

teledetección con imágenes satelitales de alta y mediana resolución” está disponible en <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documentos/26>, como archivo 00Informe final_malla sistematica.pdf). En total, para 1,305 puntos (0.25 % del total) no se clasificaron la presencia o ausencia de copa, por lo que no fueron tomados en cuenta para el análisis de datos de actividad.

La clasificación de cobertura y uso de suelo se ha estructurado en tres niveles (tabla 5, 6 y 7), en nivel I con las seis categorías del IPCC. En el nivel II, están las subcategorías de la interpretación a nivel nacional, lo que representa un esquema de clasificación de los tipos de cobertura y uso del suelo, como se demuestra en la Tabla 5.

Cabe mencionar que dicha clasificación fue consensuada con los técnicos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), y GIZ, bajo la modalidad de reuniones y consultas personalizadas. El nivel III representa para las Tierras Forestales las cinco categorías de cobertura de árboles (Tabla 6). Cabe señalar que la Zona Boscosa se refiere a un estado de degradación, en el cual el número de puntos que cubre bosque dentro la unidad de muestreo es menor de 10, para el cual no se puede determinar la densidad de cobertura, ya que no siempre el polígono de bosque está cubierto por la unidad de muestreo.

En la definición de Uso de Suelo se toma en cuenta el contexto alrededor del punto de verificación, por lo que una parte del polígono de bosque que abarca mínimamente 0.5 ha, puede estar fuera de los puntos de verificación, La clase de Zonas Boscosas no se observa directamente en las imágenes satelitales, ya que se identifica a partir de análisis de los datos de interpretación para definir el estado de degradación del polígono interpretado.

Por otro lado, el bosque dentro la unidad de muestreo puede temporalmente no cumplir con el criterio de cobertura mínimo (>30 %), siempre y cuando no se presenta un cambio de uso de suelo (extremadamente degradado). Estas categorías de estado de degradación se aplicaron a todos los tipos de bosque. Para las Tierras No-Forestales se distingue dos categorías a nivel III: a) Tierras No-Forestales con árboles (NB-CA) y b) Tierras No-Forestales sin árboles (NB-SA).

Tabla 5. Sistema de clasificación de la cobertura y uso del suelo

Nivel I (IPCC 2003)	Nivel II (Clasificación de uso de suelo nacional)
1. Tierras Forestales	11. Bosque latifoliado natural
	12. Bosque latifoliado plantado
	13. Bosque de conífera natural
	14. Bosque de conífera plantado
	15. Bosque salado
	16. Cultivo de café
	17. Bosque de galería
2. Tierras Agrícolas	21. Caña de azúcar
	22. Cultivo de frutales
	23. Otras zonas agrícolas
	24. Vegetación arbustiva
3. Praderas	31. Pastizal
	32. Otras áreas arboladas (p.ej. cercos vivos)
4. Humedales	41. Cuerpos de agua
5. Asentamientos	51. Tejido edificado continuo
	52. Tejido edificado discontinuo
	53. Áreas arboladas en tejido edificado continuo
6. Otras Tierras	61. Roca, lava, playa, arenales y suelo desnudo
	62. Estanques y salineras

Tabla 6. Nivel III de clasificación que se usan para bosques

Tierras Forestales	Estado	Cobertura de copa
Bosque con cobertura Intacta	Int	≥90 %
Bosque con cobertura degradada	Deg	60 – 89 %
Bosque con cobertura muy degradada	Muy Deg	30 – 59 %
Bosque con cobertura extremadamente degradada	Extr Deg	0 – 29 %
Zonas Boscosas	ZB	Bosque con < 10 puntos por unidad de muestreo

Tabla 7. Usos de suelos considerados en la clasificación de uso de cobertura para construir el nivel de referencia

Nivel 1 IPCC	Nivel II	Nivel III
1. Tierras Forestales	11. Bosque latifoliado natural (BLN)	Para cada tipo de bosque:
	12. Bosque de conífera natural (BCN)	Int
	13. Bosque de galería (BG)	Deg
	14. Bosque salado (BS)	Muy deg
	15. Bosque latifoliado plantado (BLP)	Extr deg
	16. Bosque de conífera plantado (BCP)	ZB
	17. Cultivo de café (CC)	
2. Tierras Agrícolas (NB)		Para cada categoría IPCC, nivel I:
2. Pastizales (NB)		NB-Con árboles (CA)
3. Humedales (NB)		NB-Sin árboles (SA)
4. Asentamientos (NB)		
5. Otras Tierras (NB)		

En Tabla 7 se presentan las categorías de uso hasta el nivel III consideradas en los cálculos de transiciones que se requieren para el desarrollo del nivel de referencia. Se han reportado para las unidades de muestreo de 1 hasta 4 diferentes usos a nivel 2, por lo que se tomó como base para los cálculos de transiciones, los puntos reportados para cada uso dentro la unidad de muestreo y se registró el uso y código de IPCC en cada punto para cada año de análisis.

Una vez reclasificadas el uso de suelo de los puntos de Tierras No Forestales de cada año a NB combinado con nivel III (punto con/sin árbol) y para las Tierras Forestales el nivel II (tipo de bosque) y III (estado de degradación), se construyeron las matrices de cambio de uso para el período de 2001 a 2011 y 2011 a 2018 para cada punto, que a su vez utilizaron para

el cálculo del NRF de El Salvador. Para cumplir con las guías de IPCC se presenta también las matrices de deforestación y reforestación separado por cada categoría No Bosque de IPCC, nivel I y III en el Anexo 1. El uso de solo una categoría No Bosque no tiene un impacto en las estimaciones de emisiones y remociones, ya que se aplicaron los mismos factores de emisión y remoción para cada categoría de No Bosque-IPCC.

Aplicando el procedimiento de análisis y clasificación, las superficies totales de uso de suelo en 2001, 2011 y 2018 sin árboles y con árboles en el punto de verificación se presentan en la Tabla 8. Puntos que no tiene clasificado la copa o uso de suelo no fueron tomados en cuenta en esta Tabla, por lo que las superficies totales entre años pueden variar. Se observa un aumento significativo en puntos con árboles en AG y PA, particularmente entre 2011 y 2018 (casi 30 % de aumento), lo que coincide con la implementación del programa PREP, que a finales de 2017 reporta la restauración de aproximadamente 75,000 has², principalmente con la introducción de árboles en parcelas agrícolas y pastizales (sistemas agroforestales).

Tabla 8. Superficie de uso de suelo en 2001, 2011 y 2018 en hectáreas.

Sin (SA) y con (CA) árboles en los puntos de verificación y porcentaje de superficie con árboles (% Árboles). TF = Tierras Forestales; AG = Tierras agrícolas; PA = Praderas; HU = Humedales; AS = Asentamientos; OT = Otras Tierras. (Disponible en: Datos de Actividad.xlsx, <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Datos%20de%20Actividad.xlsx>)

IPCC	Uso de suelo	2001 SA (ha)	2001 CA (ha)	2011 SA (ha)	2011 CA (ha)	2018 SA (ha)	2018 CA (ha)	Árboles (%)
TF	Bosque latifoliado natural	91,460	520,862	115,587	466,403	88,115	499,380	83 %
	Bosque de conifera natural	6,402	26,579	9,243	23,043	7,143	25,632	77 %
	Bosque de Galería	2,126	5,326	3,092	5,860	2,417	6,227	70 %

² Marn-UEP, 2017. El Salvador's MID-TERM REPORT for the Forest Carbon Partnership Facility of the PREPARATION OF THE El Salvador's National Strategy for Ecosystem and Landscape Restoration with a Mitigation based Adaptation approach, MARN-UEP of the FCPF Project, El Salvador.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

IPCC	Uso de suelo	2001 SA (ha)	2001 CA (ha)	2011 SA (ha)	2011 CA (ha)	2018 SA (ha)	2018 CA (ha)	Árboles (%)
	Bosque salado	1,901	41,028	2,882	38,589	2,802	38,627	94 %
	Bosque latifoliado plantado	2,508	4,043	3,027	4,341	2,210	5,425	64 %
	Bosque de conífera plantado	267	355	206	886	137	905	78 %
	Cultivo de café	36,611	107,818	52,084	86,756	31,270	100,015	71 %
	Subtotal TF	141,276	706,011	186,122	625,878	134,095	676,210	81 %
AG	Caña de azúcar	72,814	1,806	87,039	2,405	101,481	3,176	3 %
	Cultivo de frutales	5,520	7,563	9,934	7,551	10,812	9,330	48 %
	Otras zonas agrícolas	216,530	20,321	362,097	47,809	323,837	50,607	12 %
	Vegetación arbustiva	227,509	42,418	138,909	24,170	150,110	34,286	16 %
PA	Otras áreas arboladas	22,371	36,466	31,855	38,780	30,362	45,674	59 %
	Pasto	345,315	34,496	267,957	33,970	246,934	41,021	11 %
	Subtotal AG + PA	890,060	143,070	897,791	154,684	863,535	184,095	15 %
HU	Cuerpos de agua	48,274	225	49,343	84	49,595	237	0 %
AS	Áreas arboladas en tejido edificado continuo	2,695	4,826	2,562	4,455	2,726	5,173	64 %
	Tejido edificado continuo	22,818	3,947	26,296	4,642	26,762	5,020	15 %
	Tejido edificado discontinuo	29,614	9,895	39,429	12,029	42,342	15,504	25 %
OT	Arenales y suelo desnudo	5,994	145	6,696	50	4,974	73	1 %

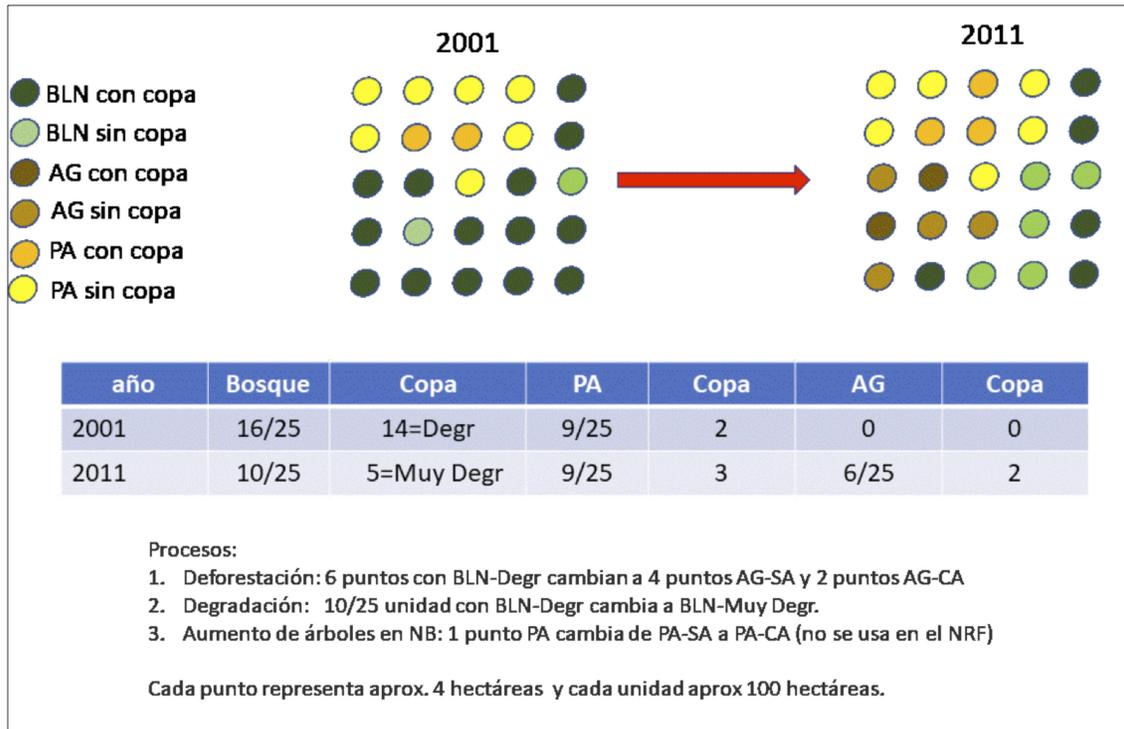
IPCC	Uso de suelo	2001 SA (ha)	2001 CA (ha)	2011 SA (ha)	2011 CA (ha)	2018 SA (ha)	2018 CA (ha)	Árboles (%)
	Estanques y salineras	2,191	137	2,627	76	2,882	84	4 %
	Subtotal HU + AS + OT	111,586	19,176	126,952	21,337	129,281	26,090	15 %
Total general		1,142,922	868,257	1,210,865	801,899	1,126,911	886,395	42 %

El total de Tierras Forestales disminuyó de 847,389 has a 812,000 entre 2001-2011 y de 812,000 a 810,305 entre 2011-2018, particularmente afectando los bosques de latifoliados y cultivo de café. En 2001, 17 % de los bosques no tenían árboles en el punto de verificación, que aumentó a 23 % en 2011 debido a un proceso de degradación de bosques, pero disminuyó otra vez a 17 % en 2018 por un proceso de recuperación de cobertura, coincidiendo con los esfuerzos de restauración en el marco del programa PREP a partir de 2012.

En las Tierras Agrícolas se observa un aumento sustancial en áreas con caña de azúcar y otras zonas agrícolas y una disminución en la vegetación arbustiva, mientras en Praderas hay una disminución de áreas con pasto sin árboles, mientras aumenta el área de pastos con árboles. Cabe señalar que en la base original no se distinguieron bosques secundarios, sin embargo, en el análisis de cambios hay un aumento en bosques secundarios, como se demuestra en las siguientes secciones. Se observa un alto porcentaje de árboles en el paisaje agropecuario, con un 15 % de la superficie total de los usos de suelo agrícola y pastizal, por lo que en el análisis de transiciones se toma en cuenta en el cambio de Tierras Forestales (TF) a No Bosque (NB) y viceversa es con o sin árboles en NB. Para los factores de emisión y remoción también se toma en cuenta el componente arbóreo en el estado de No-Bosque.

Para fines de cálculo de emisiones y remisiones, en las transiciones de Tierras Forestales a Tierras No Forestales y viceversa se distingue factores de emisión en Tierras No Forestales solo si tiene o no árboles, por lo que en los cálculos se usa la categoría No Bosque que agrupa a las 5 categorías de Tierras No Forestales con/sin árboles (NB-CA y NB-SA), mismo que se aplica en el análisis de incertidumbre, aunque en la base original de transiciones se mantienen por separadas las 5 categorías de No-bosque de IPCC y todos sus usos de suelo, nivel II, reportados.

Figura 6. Construcción de transiciones a partir de cambios en los dos parámetros de cada punto en una unidad de muestreo



En la Figura 6 se presenta un ejemplo de cómo se construyeron las transiciones con los procedimientos aplicados a la base de unidades / puntos (21103 unidades con 25 puntos igual a 527,575 puntos analizados para 3 años distintos = 1' 582,725 registros con dos parámetros distintos cada uno {uso de suelo y si/no copa de árbol}).

Para la actividad de deforestación se trabajó a dos niveles: transición de tipo de bosque y su estado de degradación (Nivel 3 de la Tabla 7) a la categoría de No-Bosque con/sin árboles (Nivel III). A partir de estas matrices de transición teóricamente se puede tener para 9 tipos de bosque * 5 categorías de degradación * 2 categorías de No Bosque = 90 categorías de transiciones para la deforestación y 90 para la reforestación a considerar en el cálculo del NRF (Ver Tabla 9 y 10).

Tabla 9. Matriz de transiciones de deforestación utilizadas para las estimaciones de emisiones de biomasa en la Referencia Nacional Forestal de El Salvador.

Categoría de Transición IPCC	Origen		Destino
Tierras Forestales convertidas a Tierras No-Forestales (TF->OU)	Bosque latifoliado natural	Int	NB-CA
		Deg	NB-SA
		Muy Deg	
		Extr Deg	
		ZB	
	Bosque de conífera natural	Int	NB-CA
		Deg	NB-SA
		Muy Deg	
		ZB	
	Bosque de galería	Int	NB-CA
		Deg	NB-SA
		Muy Deg	
		Extr Deg	
		ZB	
	Bosque salado	Int	NB-CA
		Deg	NB-SA
		Muy Deg	
		Extr Deg	
	Bosque latifoliado plantado	Int	NB-CA
		Deg	NB-SA
		Muy Deg	
		Extr Deg	
		ZB	
	Bosque de conífera plantado	Int	NB-CA
Deg		NB-SA	
Muy Deg			
ZB			
Cultivo de café	Int	NB-CA	
	Deg	NB-SA	
	Muy Deg		
	Extr Deg		
	ZB		

Categoría de Transición IPCC	Origen		Destino
	Bosque secundario 2011		Int
			Deg
			Muy Deg
			Extr Deg
			ZB

Nota: NB = Tierras No Forestales (Tierras Agrícolas, Pastizales, Humedales, Asentamientos, Otras Tierras); CA = Con árboles; SA = Sin árboles; ZB = Zonas Boscosas.

Tabla 10. Matriz de transiciones de reforestación utilizadas para las estimaciones de remociones de biomasa en la Referencia Nacional Forestal de El Salvador.

Categoría de Transición	Origen	Destino		
Tierras No-Forestales convertidas a Tierras Forestales (OU->TF)	NB-CA NB-SA	Bosque latifoliado natural		
				Int
				Deg
				Muy Deg
				Extr Deg
	ZB			
	NB-CA NB-SA	Bosque de conífera natural		
		Int		

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

Categoría de Transición	Origen	Destino		
			Deg	
			Muy Deg	
				Extr Deg
				ZB
	NB-CA NB-SA	Bosque de galería		Int
				Deg
				Muy Deg
				ZB
	NB-CA NB-SA	Bosque salado		Int
				Deg
				Muy Deg
				ZB
	NB-CA NB-SA	Bosque latifoliado plantado		Int
				Deg
				Muy Deg
				Extr Deg
	NB-CA NB-SA	Cultivo de café		Int
				Deg
				Muy Deg
				Extr Deg
ZB				
NB-CA NB-SA	Bosque secundario 2011		Int	
			Deg	
			Muy Deg	
			Extr Deg	
			ZB	

Categoría de Transición	Origen	Destino	
	NB-CA NB-SA	Bosque secundario 2018	Int
			Deg
			Muy Deg
			Extr Deg
			ZB

Nota: NB = Tierras No Forestales (Tierras Agrícolas, Pastizales, Humedales, Asentamientos, Otras Tierras); CA = Con árboles; SA = Sin árboles; ZB = Zonas Boscosas.

En la Tabla 11 se presenta un ejemplo de cambios de cobertura que pueden ocurrir en un bosque que se mantiene como bosque y su impacto en la biomasa, para el cual de calcular sus factores de emisión/remoción a partir de los resultados del INB.

Tabla 11. *Ejemplo de una matriz de cambio e impacto en biomasa de dos tipos de bosques que se mantienen como bosques. Para las celdas de la matriz con pérdida o ganancia se calculan sus Factores de Emisión/Remoción (FE/FR) a partir del INB. Las celdas con Estable no cambian de biomasa. No se calculan ganancias o pérdidas de cambios en Zonas Boscosas.*

Categoría IPCC			2011			
			Intacto	Degr	Muy Degr	Extr Degr
2001	1. Bosque Latifoliado natural	Intacto	Estable	Pérdida	Pérdida	Pérdida
		Degr	Ganancia	Estable	Pérdida	Pérdida
		Muy Degr	Ganancia	Ganancia	Estable	Pérdida
		Extr Degr	Ganancia	Ganancia	Ganancia	Estable
	2. Bosque conífera natural	Intacto	Estable	Pérdida	Pérdida	Pérdida
		Degr	Ganancia	Estable	Pérdida	Pérdida
		Muy Degr	Ganancia	Ganancia	Estable	Pérdida
		Extr Degr	Ganancia	Ganancia	Ganancia	Estable

2.6.1 Estimación de áreas de cambio de cobertura

El área de cambio para deforestación y reforestación se calcularon a partir de cambio uso de TF a Otros Usos (NB = las 5 categorías de Tierras No Forestales de IPCC en una sola categoría) de puntos en cada unidad, es decir, para cada unidad se calculó el número de puntos que cambiaron de un tipo y estado de bosque a una de las categorías de otros usos: NB-CA o NB-SA, para deforestación TF->NB y para reforestación NB->TF. En fórmula:

$$A_k = A * n_i / (21103 * 25)$$

Donde Ak es el área de cambio, A es el área total del país (2´104,100 ha) y ni es el número de puntos que transitan entre clase de uso inicial y final de transición i en el período de análisis; 21103 es el número de unidades de muestreo y 25 es número de puntos por unidad.

La degradación y recuperación de bosques se calcularon a partir de la proporción de bosque remanente en una unidad después de la deforestación y reforestación. Para cada unidad se determinó el cambio de estado de cobertura para este bosque remanente.

Tabla 12. *Transiciones de estado de copa que se tomaron en cuenta para cada tipo de bosque Nivel II en el cálculo de degradación. No se tomaron en cuenta transiciones de Zonas Boscosas en los cálculos de degradación*

IPCC	Estado inicial	Estado final
TF	Int --->	Deg
	Int--->	Muy Deg
	Int--->	Extr Deg
	Deg--->	Muy Deg
	Deg--->	Extr Deg
	Muy Deg--->	Extr Deg

Tabla 13. *Transiciones de estado de copa que se tomaron en cuenta para cada tipo de bosque Nivel II en el cálculo de recuperación. No se tomaron en cuenta transiciones de Zonas Boscosas en los cálculos de recuperación.*

IPCC	Estado inicial	Estado final
TF	Deg--->	Int
	Muy Deg--->	Int
	Muy Deg--->	Deg
	Extr Deg--->	Int
	Extr Deg--->	Deg
	Extr Deg--->	Muy Deg

El área de cambio para degradación y recuperación se calcularon a partir de cambios en categorías de cobertura de la parte de bosque en cada unidad, es decir, para cada unidad se calculó para la proporción de bosque remanente (después de restar la deforestación) el cambio de estado de cobertura del bosque de inicio a final de las categorías de la Tabla 12 para degradación y Tabla 13 para la recuperación. Los otros posibles cambios en la cobertura no se tomaron en cuenta (para ZB, sin clase de cobertura, con < 10 puntos por unidad con bosque). En fórmula:

$$A_k = A * n_i / (21103*25)$$

Donde A_k es el área de degradación o recuperación, A es el área total del país (2'104,100 ha) y n_i la suma de puntos con bosque en la clase de transición i de estado de cobertura inicial a final en el período de análisis; 21103 es el número de unidades de muestreo y 25 es número de puntos por unidad.

En la Tabla 14 se presenta las transiciones entre 2001-2011 y 2011-2018 correspondientes a las áreas de cambio de Tierras Forestales a Otros Usos, Con árboles y Sin árboles en el uso de destino (Deforestación). La deforestación anual total entre 2001-2011 abarcó 12,536 hectáreas, bajando a 9,603 has/año entre 2011-2018. La deforestación fue más alta para BLN en ambos períodos, seguido por la deforestación del cultivo de café en el período de 2001-2011 y Bosque secundario para el período de 2011-2018. Entre aproximadamente 75 a 80 % de las Tierras Forestales se convirtieron a Tierras Agrícolas, seguido por la conversión a Pastos (aprox 20 %; Tabla 15). La conversión total hacia los otros usos fue mínima (< 7 % del área total en ambos períodos).

Tabla 14. Tasas de deforestación entre 2001-2011 y 2011-2018.

CA = con árboles En el estado final, SA = sin árboles en el estado final; Int = intacto; Deg = degradado; Muy Deg = muy degradado; Extr Deg = extremadamente degradado; ZB = cobertura no clasificada (Disponible en TablasTransiciones.xlsx, <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/TablasTransiciones.xlsx>)

Bosques IPCC	Estado	2001-2011 CA (ha)	2001-2011 SA (ha)	2011-2018 CA (ha)	2011-2018 SA (ha)
Bosque latifoliado natural	Int	7,937	42,144	2,856	15,191
	Deg	8,491	39,587	3,426	14,788
	Muy Deg	1,324	9,041	1,404	5,113
	Extr Deg	187	782	48	455
	ZB	1,065	3,059	1,049	1,775
Bosque de conífera natural	Int	24	295	8	68
	Deg	235	1,177	64	403
	Muy Deg	40	367	24	136
	ZB	4	64	8	20

Bosques IPCC	Estado	2001-2011 CA (ha)	2001-2011 SA (ha)	2011-2018 CA (ha)	2011-2018 SA (ha)
Bosque de galería	Int	-	4	4	-
	Deg	44	28	32	64
	Muy Deg	48	20	-	-
	Extr Deg	-	4	-	4
	ZB	8	120	8	4
Bosque salado	Int	68	1,328	68	554
	Deg	24	211	-	187
	Muy Deg	4	164	20	64
	ZB	4	60	8	80
Bosque latifoliado plantado	Int	8	275	36	168
	Deg	28	156	32	199
	Muy Deg	4	8	4	-
	Extr Deg	4	96	12	88
	ZB	-	4	-	-
Bosque de conífera plantado	Deg	-	-	-	16
Cultivo de café	Int	411	1,691	295	929

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

Bosques IPCC	Estado	2001-2011 CA (ha)	2001-2011 SA (ha)	2011-2018 CA (ha)	2011-2018 SA (ha)
	Deg	391	2,844	435	2,433
	Muy Deg	235	682	542	1,627
	Extr Deg	8	431	12	136
	ZB	48	80	100	148
Bosque secundario 2011	Int	-	-	307	2,090
	Deg	-	-	1,181	4,910
	Muy Deg	-	-	379	2,206
	Extr Deg	-	-	12	56
	ZB	-	-	355	586
Total		20,643	104,719	12,726	54,495
Anual		2,064	10,472	1,818	7,785

Tabla 15. Destino proporcional de uso de suelo después de la deforestación.

CA = Con árboles; SA = Sin árboles; AG = Tierras Agrícolas; PA = Praderas; HU = Humedales; AS = Asentamientos; OT = Otras Tierras (Disponible en Datos de Actividad.xlsx, <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Datos%20de%20Actividad.xlsx>)

IPCC	COBERTURAS	2001-2011 CA	2001-2011 SA	2011-2018 CA	2011-2018 SA
Tierras Agrícolas	Caña de azúcar	0.4 %	1.7 %	1.0 %	4.0 %
	Cultivo de frutales	1.1 %	0.7 %	4.6 %	1.5 %
	Otras zonas agrícolas	52.0 %	58.2 %	39.3 %	52.0 %
	Vegetación arbustiva	20.4 %	16.3 %	25.0 %	20.5 %
Praderas	Pasto	13.5 %	17.8 %	14.4 %	16.8 %
	Otras áreas arboladas	7.8 %	1.4 %	8.4 %	1.6 %
Humedales	Cuerpos de agua	0.1 %	0.5 %	0.0 %	0.4 %
Asentamientos	Áreas arboladas en tejido edificado continuo	1.7 %	0.1 %	1.1 %	0.1 %
	Tejido edificado continuo	0.5 %	0.7 %	0.3 %	0.5 %
	Tejido edificado discontinuo	2.4 %	1.7 %	5.6 %	1.8 %
Otras Tierras	arenales y suelo desnudo	0.0 %	0.6 %	0.1 %	0.6 %
	Estanques y salineras	0.0 %	0.3 %	0.1 %	0.3 %
Total general		100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %

En la Tabla 16 se presenta las transiciones entre 2001-2011 y 2011-2018 correspondientes a las áreas de cambio de Otros Usos, Con árboles y Sin árboles a Tierras Forestales en el uso de destino (Reforestación). La reforestación anual total entre 2001-2011 abarcó 8,681 has/año, subiendo a 9,260 has/año entre 2011-2018, casi igualando la tasa de deforestación en el mismo período. Para la reforestación destacaron la recuperación de bosques secundarios y el aumento en las áreas con BLN para ambos períodos.

Entre 75 y 80 % de la reforestación es a partir de las Tierras Agrícolas que se convirtieron a Tierras Forestales, seguido por la conversión de Praderas, con aprox. 20 % en el primer período y 15 % entre 2011-2018 (Tabla 18). La conversión total a bosques desde los otros usos fue mínima (< 3 % del área total en ambos períodos).

Tabla 16. Tasas de reforestación entre 2001-2011 y 2011-2018 en hectareas.

CA = con árboles en estado inicial, SA = sin árboles en estado inicial; int = intacto; deg = degradado; muy deg = muy degradado; extr deg = extremadamente degradado; no clas = copa no clasificado en estado inicial o final. (Disponible en TablasTransiciones.xlsx, <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/TablasTransiciones.xlsx>)

B IPCC	Estado	2001-2011 CA (Ha)	2001-2011 SA (Ha)	2011-2018 CA (Ha)	2011-2018 SA (ha)
Bosque latifoliado natural	Int	622	5,320	802	2,564
	Deg	1,145	9,608	2,018	8,012
	Muy Deg	614	4,208	610	3,238
	Extr Deg	16	219	4	8
	ZB	259	730	160	686
Bosque de conífera natural	Int	-	84	4	12
	Deg	64	235	8	104
	Muy Deg	36	239	68	387
	Extr Deg	16	140	-	-
	ZB	-	24	-	-

B IPCC	Estado	2001-2011 CA (Ha)	2001-2011 SA (Ha)	2011-2018 CA (Ha)	2011-2018 SA (ha)
Bosque de galería	Int	8	20	32	24
	Deg	24	112	-	4
	Muy Deg	-	8	-	-
	ZB	8	100	8	16
Bosque salado	Int	8	56	16	132
	Deg	8	223	28	287
	Muy Deg	-	8	-	32
	ZB	4	4	-	-
Bosque latifoliado plantado	Int	-	4	-	-
	Deg	-	80	4	8
	Muy Deg	28	-	-	4
	Extr Deg	-	-	-	88
Cultivo de café	Int	12	72	8	32
	Deg	24	267	44	219
	Muy Deg	8	128	12	116
	Extr Deg				

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

B IPCC	Estado	2001-2011 CA (Ha)	2001-2011 SA (Ha)	2011-2018 CA (Ha)	2011-2018 SA (ha)
		4	60	-	32
	ZB	-	-	12	8
Bosque secundario 2011	Int	2,377	8,184	148	331
	Deg	5,548	20,751	331	1,340
	Muy Deg	3,474	13,799	168	630
	Extr Deg	120	1,264	-	92
	ZB	2,146	4,291	128	171
Bosque secundario 2018	Int	-	-	1,504	3,223
	Deg	-	-	5,109	13,034
	Muy Deg	-	-	3,079	11,458
	Extr Deg	-	-	108	794
	ZB	-	-	1,559	1,771
Total		16,571	70,237	15,969	48,856
Anual		1,657	7,024	2,281	6,979

Se divide la reforestación de bosque secundario y plantaciones nuevas en cohortes, de acuerdo al estado de degradación de la cobertura en estado final, con intacto en cohortes iniciales y extr deg en cohortes finales, conforme el estado de vegetación secundaria o plantación esperada durante la sucesión (Tabla 17). Edad estimada de VegSec intacto: 7-10 años; VegSec degradada: 5-8 años; VegSec muy Degradada: 3-5 años; VegSec extr degradada: 1-2 años; VegSec Zona Boscosa: 1-10 años.

Tabla 17. Superficie (en ha) de vegetación secundaria y plantaciones nuevas distribuidos en cohortes anuales, tomando en cuenta las pérdidas por deforestación y cambios en cohortes por degradación.

(Disponible en Veg Secundaria.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Veg%20Secundaria.xlsx>)

Cohorte	Veg Sec 2001-2011-CA (ha)	Veg Sec 2001-2011-SA (ha)	Veg Sec 2011-2018-CA (ha)	Veg Sec 2011-2018-SA (ha)	Plantaciones nuevas (ha)
2002	1,403	4,521			2
2003	1,403	4,521			2
2004	2,064	7,346			27
2005	2,064	7,346			27
2006	2,064	7,346			27
2007	1,372	5,029			9
2008	1,372	5,029			9
2009	1,372	5,029			9

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

2010	274	1,061			
2011	274	1,061			
2012	166	356	975	1865	
2013	184	695	975	1865	6
2014	184	695	2777	6770	6
2015	102	340	2777	6770	2
2016	102	340	1762	5982	2
2017	18	70	1762	5982	44
2018	18	70	331	1047	44

Tabla 18. Origen proporcional de uso de suelo antes de la reforestación.

CA = Con árboles; SA = Sin árboles; AG = Tierras Agrícolas; PA = Praderas; HU = Humedales; AS = Asentamientos; OT = Otras Tierras (Disponible en Datos de Actividad.xlsx, <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Datos%20de%20Actividad.xlsx>)

IPCC	COBERTURAS	2001-2011 CA	2001-2011 SA	2011-2018 CA	2011-2018 SA
Tierras Agrícolas	Cana de azúcar	0.6 %	0.2 %	0.6 %	0.2 %
	Cultivo de frutales	0.1 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %
	Otras zonas agrícolas	6.7 %	11.0 %	6.7 %	11.0 %
	Vegetación arbustiva	72.3 %	65.6 %	72.3 %	65.6 %
Praderas	Pasto	19.4 %	22.3 %	19.4 %	22.3 %
	Otras áreas arboladas	0.3 %	0.0 %	0.3 %	0.0 %

Humedales	Cuerpos de agua	0.0 %	0.1 %	0.0 %	0.1 %
Asentamientos	Áreas arboladas en tejido edificado continuo	0.1 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %
	Tejido edificado continuo	0.1 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %
	Tejido edificado discontinuo	0.2 %	0.1 %	0.2 %	0.1 %
Otras Tierras	Arenales y suelo desnudo	0.0 %	0.4 %	0.0 %	0.4 %
	Estanques y salineras	0.0 %	0.1 %	0.0 %	0.1 %
Total general		100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %

En cuanto a la degradación de bosques, se observó en el período de 2001-2011 en casi todos los tipos de bosque altas tasas de degradación de los bosques intactos, seguidos por bosques que ya presentaron un cierto nivel de degradación. La degradación disminuyó sustancialmente en el período de 2011-2018 de casi 20,000 has por año entre 2001-2011 a 5,205 has entre 2011-2018 (Tabla 19).

Tabla 19. *Tasas de degradación entre 2001-2011 y 2011-2018.*

Estado ini = estado inicial de cobertura; Estado fin = estado final de cobertura; int = intacto; deg = degradado; muy deg = muy degradado; extr deg = extremadamente degradado (Disponible en TablasTransiciones.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/TablasTransiciones.xlsx>)

IPCC	Estado Ini	Estado fin	2001-2011 (ha)	2011-2018 (ha)
Bosque latifoliado natural	Int	Deg	82,365	17,823
	Int	Muy Deg	12,001	2,138
	Int	Extr Deg	355	88

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

IPCC	Estado Ini	Estado fin	2001-2011 (ha)	2011-2018 (ha)
	Deg	Muy Deg	29,274	5,197
	Deg	Extr Deg	307	199
	Muy Deg	Extr Deg	339	-
Bosque de conífera natural	Int	Deg	3,661	427
	Int	Muy Deg	830	100
	Deg	Muy Deg	4,303	327
	Deg	Extr Deg	100	-
Bosque de galería	Int	Deg	610	56
	Int	Muy Deg	84	-
	Deg	Muy Deg	570	136
	Deg	Extr Deg	-	52
	Muy Deg	Extr Deg	116	-
Bosque salado	Int	Deg	2,887	1,057
	Int	Muy Deg	475	-
	Deg	Muy Deg	698	168
	Deg	Extr Deg	100	-

IPCC	Estado Ini	Estado fin	2001-2011 (ha)	2011-2018 (ha)
Bosque latifoliado plantado	Int	Deg	447	156
	Int	Muy Deg	355	100
	Int	Extr Deg	100	-
	Deg	Muy Deg	463	-
	Muy Deg	Extr Deg	-	96
Cultivo de café	Int	Deg	18,258	2,229
	Int	Muy Deg	3,972	100
	Int	Extr Deg	239	100
	Deg	Muy Deg	27,770	2,776
	Deg	Extr Deg	2,991	199
	Muy Deg	Extr Deg	3,219	897
Bosque secundario 2011	Int	Deg	-	1,169
	Int	Muy Deg	-	76
	Deg	Muy Deg	-	774
Total			196,888	36,437
Anual			19,689	5,205

Para la recuperación de bosques (ganancia de cobertura de árboles), se observa una tendencia en revés, con un aumento sustancial en la recuperación de bosques de 8,800 has/año entre 2001-2011 a aprox 30,000 has entre 2011-2018. Se recuperaron en el último período particularmente los bosques latifoliados naturales y cultivo de café y en menor grado bosques secundarios (Tabla 20).

Tabla 20. *Tasas de recuperación de cobertura de bosques entre 2001-2011 y 2011-2018;* Estado ini = estado inicial de cobertura; Estado fin = estado final de cobertura; int = intacto; deg = degradado; muy deg = muy degradado; extr deg = extremadamente degradado (Disponible en TablasTransiciones.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/TablasTransiciones.xlsx>)

IPCC	Estado Ini	Estado fin	2001-2011 (ha)	2011-2018 (ha)
Bosque latifoliado natural	Deg	Int	49,470	87,339
	Muy Deg	Int	1,994	5,376
	Muy Deg	Deg	14,764	33,984
	Extr Deg	Int	726	231
	Extr Deg	Deg	1,224	120
	Extr Deg	Muy Deg	877	415
Bosque de conífera natural	Deg	Int	1,292	3,996
	Muy Deg	Int	199	-

IPCC	Estado Ini	Estado fin	2001-2011 (ha)	2011-2018 (ha)
	Muy Deg	Deg	283	4,419
	Extr Deg	Int	199	-
	Extr Deg	Deg	299	-
	Extr Deg	Muy Deg	339	-
Bosque de galería	Deg	Int	355	646
	Muy Deg	Int		40
	Muy Deg	Deg	271	383
	Extr Deg	Muy Deg	60	160
Bosque salado	Deg	Int	1,045	1,304
	Muy Deg	Int	148	-
	Muy Deg	Deg	199	997
	Extr Deg	Deg	-	100
	Extr Deg	Muy Deg	-	100
Bosque latifoliado plantado	Deg	Int	100	487
	Muy Deg	Int	92	92
	Muy Deg	Deg	347	730
	Extr Deg	Int	299	-

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

IPCC	Estado Ini	Estado fin	2001-2011 (ha)	2011-2018 (ha)
	Extr Deg	Deg	219	-
	Extr Deg	Muy Deg	499	323
Bosque de conifera plantado	Deg	Int		299
	Extr Deg	Deg	100	-
Cultivo de café	Deg	Int	3,964	22,095
	Muy Deg	Int	299	2,768
	Muy Deg	Deg	5,416	32,169
	Extr Deg	Int	44	-
	Extr Deg	Deg	838	2,959
	Extr Deg	Muy Deg	2,245	5,723
Bosque secundario 2011	Deg	Int	-	8,654
	Muy Deg	Int	-	1,731
	Muy Deg	Deg	-	8,292
	Extr Deg	Deg	-	558
	Extr Deg	Muy Deg	-	606
Total			88,208	227,095
Anual			8,821	32,442

En resumen, en la Tabla 21 observamos que las actividades que generan emisiones bajaron entre el período de 2001-2011 a 2011-2018 y las actividades que generan remociones subieron, por lo que se espera que las emisiones de CO₂ bajan del primer período al segundo período y que las remociones suben.

Tabla 21. Resumen de la Deforestación, Degradación versus Reforestación y Recuperación entre 2001-2011 y 2011-2018

Actividad	Tasa Anual (Ha / año)		Fuente	Tendencia
	2001-2011	2011-2018		
Deforestación	12,536	9,603	Emisión	↓
Degradación	19,689	5,205		
Reforestación	8,681	9,261	Remoción	↑
Recuperación	8,821	32,442		

Para calcular las emisiones de COS, se calcularon las transiciones de bosque a no bosque (deforestación) por tipo de suelo, sobreponiendo las unidades de muestreo de verificación visual sobre el mapa de suelo; se calculó las transiciones sin tomar en cuenta el estado de degradación del bosque, ya que IPCC Tier 1 no considera emisiones de COS por degradación de bosques. Tampoco se tomó en cuenta pérdidas de COS cuando en el uso final se mantiene la copa del árbol (NB-CA). En la Tabla 22 se presentan las tasas de deforestación por tipo de suelo para 2001-2011 y 2011-2018 de las categorías de bosques y NB-SA.

Tabla 22. Tasa de deforestación por tipo de bosque y tipo de suelo a NB-SA entre 2001-2011 y 2011-2018 (Disponible en EmisionesSuelo.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/EmisionesSuelo.xlsx>)

Tipo de Bosque	Clase de suelo IPCC	Deforestación 2001-2011_SA (ha)	Deforestación 2011-2018-SA (ha)
Bosque Latifoliado Natural	HAC	11,243	4,694
	LAC	53,127	19,562
	ORG	714	132
	VOL	29,011	12,978
	N.I.	518	136

Tipo de Bosque	Clase de suelo IPCC	Deforestación 2001-2011_SA (ha)	Deforestación 2011-2018-SA (ha)
Bosque Conífera Natural	LAC	730	387
	VOL	-	88
	N.I.	1,173	156
	HAC	80	4
Bosque de Galería	LAC	52	60
	ORG	4	4
	VOL	40	4
Bosque Salado	HAC	255	112
	LAC	80	144
	ORG	993	419
	VOL	120	80
	N.I.	315	132
Bosque Latifoliado Plantado	HAC	104	187
	LAC	223	267
	VOL	211	-
Bosque Conífera Plantado	LAC	-	-
	VOL	-	16
Cultivo de Café	HAC	1,228	937
	LAC	989	1,847
	UR	28	-
	VOL	3,410	2,489
	N.I.	72	-
Total		104,719	44,832

2.7. Factores de emisión y remoción

Los Factores de emisión y remoción de la biomasa utilizados para el cálculo del NRF son los siguientes:

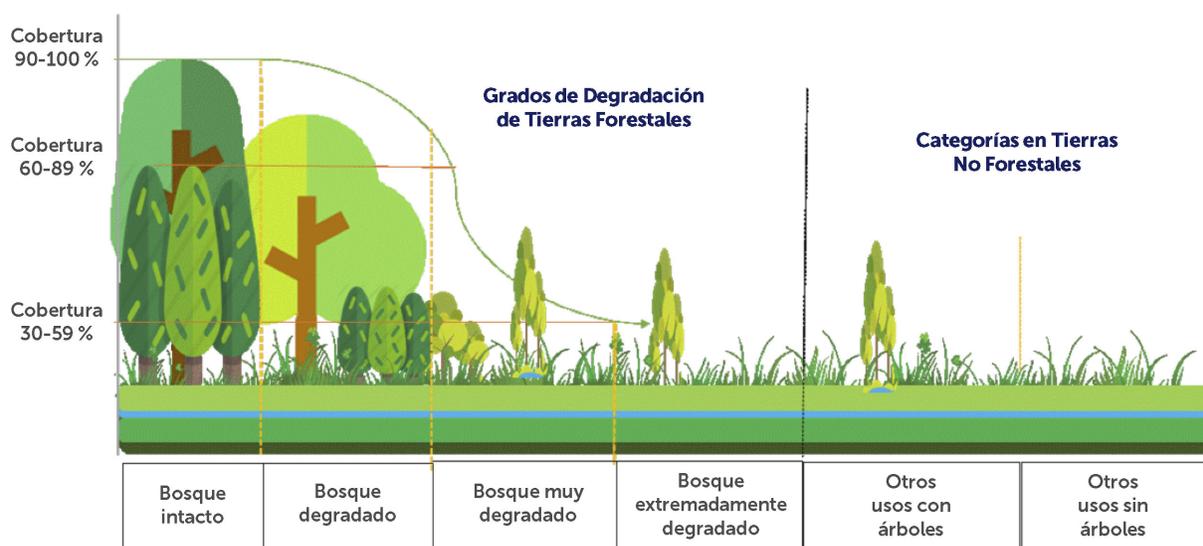
- Factores de emisión por deforestación (tCO₂/ha/año): cambio anual en las existencias de carbono producto de la conversión de Tierras Forestales a Otros Usos (OU), estimada a partir de la densidad de carbono (separado en AGB, BGB, MM, H y SOC para bosques

de latifoliados, bosques de coníferas, bosques salados, cultivo de café. Se separan FE para Otros Usos con Copa de árboles (CA) y sin Copa de árboles (SA) en el destino final.

- Factores de remoción para bosques, vegetación secundaria, y plantaciones nuevas (tCO_2/ha y $tCO_2/ha/año$): diferencia en densidad de tCO_2/ha del estado inicial y final, el final correspondiente al promedio de CO_2 del tipo de bosque y estado a que se convierte. Tasa de crecimiento anual del AGB+BGB para bosque secundario latifoliado y plantaciones nuevas a partir de valores por defecto (Tier 1).
- Factores de emisión y remoción por degradación y recuperación forestal: pérdida y ganancia de CO_2 debido al cambio en la cobertura de dosel en bosque que permanecen como bosque, durante el periodo de referencia (tCO_2/ha).

2.7.1 Densidades de carbono en biomasa para categorías forestales y no forestales

Los datos del Inventario Nacional de Bosque (INB) fueron utilizados para estimar la densidad de carbono de cada uno de categorías a nivel II y III de las Tierras Forestales y los factores de emisión de las categorías de cambio de Tierras Forestales a No Forestales (Otros Usos, NB) con o sin árboles (TF->NB-CA y TF->NB-SA).



A cada punto de las unidades de muestreo se combinan dos indicadores

1. Uso de suelo
2. Estado de la cobertura arbórea en bosques y número de puntos con copa en no-bosques

Figura 7. Esquema ilustrativo de cobertura de dosel, utilizado para distinguir los estados de degradación de los bosques

Para cada factor de emisión se tomó como base los reservorios que fueron inventariados y para cada transición se identificaron los reservorios propensos a cambiar (pérdida o ganancia). No se calculó las emisiones y remociones de los cambios en los reservorios de las categorías de Tierras No Forestales, pero se dio seguimiento en el tiempo del componente arbóreo dentro estos usos, para tomarlo en cuenta en las transiciones hacia Tierras Forestales y de Tierras Forestales a No Forestales.

Esto con el fin de poder mantener en balance la pérdida y ganancia de biomasa total de toda la superficie del país para los informes de INGEI (AFOLU). El INB aporta un total de 319 parcelas, con estimaciones de Biomasa aérea (AGB), Biomasa debajo de suelo (BGB), materia muerta (MM) y hojarasca (H) y con estimaciones de carbono en suelo (SOC). La distribución de las parcelas del INF por tipo de bosque y estado de degradación se muestra en la Figura 7 y Tabla 23.

Tabla 23. Número de parcela en bosques latifoliadas natural, bosque de conífera natural, bosque salado y café bajo sombra y su estado de degradación.

Int = >90% cobertura de árboles; Deg 60-89%, Muy Deg = 30-59%; Extr Deg = <30%. (Disponible en Parcelas_INB_Sample_data_con_codigo.xlsx http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Parcelas_INB_Sample_data_con_codigo.xlsx)

Tipo de Bosque	Estado	No parcelas
Bosque latifoliado	Int	81
	Deg	48
	Muy Deg	13
	Extr Deg	4
Bosque de coníferas	Int	35
	Deg	37
	Muy Deg	7
	Extr Deg	1
Bosque Salado	Int	32
	Deg	12
	Muy Deg	5
	Extr Deg	3
Cafetal Bajo Sombra	Int	15
	Deg	23
	Muy Deg	3
Total general		319

Para cada parcela de muestreo se calculó por separado los reservorios de biomasa en árboles > 10 cm, árboles entre 2-9.9 cm, árboles y vegetación restante herbácea, utilizando tres distintas unidades de muestreo, dependiendo del tipo de bosque inventariado, siendo las siguientes:

i) Unidad de muestreo rectangular anidada 1.

Este tipo de parcela será aplicada en los estratos siguientes: bosque latifoliado y conífera.

La superficie total de esta parcela es de 1,000 m² (20 m x 50 m), con orientación norte y las características se muestran en la Tabla 24 y Figura 8.

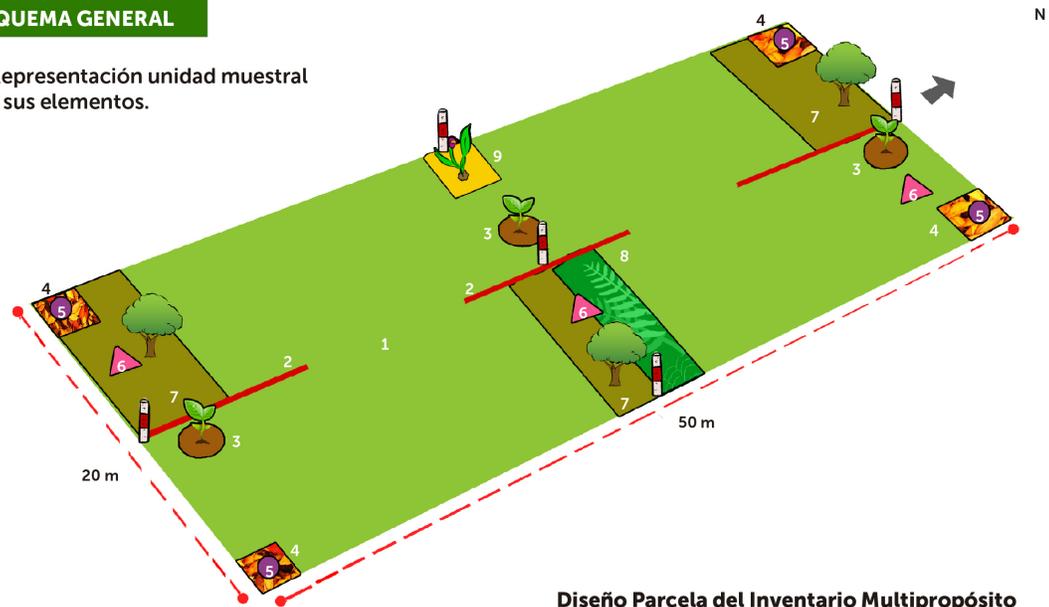
Tabla 24. Características de las sub-parcelas en unidades de muestreo rectangular anidada 1.

Código de sub-parcela	Componente/ nombre	Características	Cantidad de unidades	Nº en Figura 8
UMBA1	Unidad de muestreo de biomasa aérea 1	Parcela principal: rectangular de 20 m x 50 m (1,000 m ²) y medición de árboles => a 10 cm de dap	1	1
UMBA2	Unidad de muestreo de biomasa aérea 2	Parcela secundaria: rectangular de 5 m x 10 m (50 m ²) y medición de árboles => 2 cm de dap e =< a 9.9 cm de dap	3	7
UMR	Unidad de muestreo de regeneración	Parcela regeneración: circular de 1 m de radio (3.1416 m ²) y medición de árboles =< de 1.9 cm de dap y => a 30 cm de altura.	3	3
UMDA	Unidad de muestreo de diversidad arbustiva, lianas, cañas, helechos y otras	Parcela de diversidad: rectangular de 2.5 m x 10 m (25 m ²) cantidad de arbustos, lianas, cañas, helechos, bambúes y otras. No se convirtió a biomasa por ha.	1	8

Código de sub-parcela	Componente/ nombre	Características	Cantidad de unidades	N° en Figura 8
UMDH	Unidad muestral de diversidad de herbáceas	Parcela herbácea: cuadrada de 1 m x 1 m (1 m ²) y número de ejemplares de herbáceas. Se estimó la biomasa de este componente.	1	9
UMBH	Unidad de muestreo de biomasa de hojarasca y herbácea	Marco de muestreo cuadrado de 0.5 m x 0.5 m (0.25 m ²)	4	4
BMM	Biomasa de maderas muertas	Transecto: línea de 10 m de longitud sobre la que se evalúan las intersecciones con material muerto caído	3	2
UMSC	Unidad de muestreo de suelo para carbono	Punto de muestreo de suelo con una profundidad de 20 cm	4	5
UMSDA	Unidad de muestreo de suelo de densidad aparente	Densidad aparente del suelo, ver protocolo de medición de carbono en suelo, hojarasca y herbáceas	3	6

ESQUEMA GENERAL

- Representación unidad muestral y sus elementos.



Diseño Parcela del Inventario Multipropósito

- | | | |
|----------------------------|----------------------------------|--|
| 1 Parcela principal | 4 Subparcela de hojarasca | 7 Subparcela DAP 2-9.9 cm |
| 2 Línea de transecto | 5 Punto muestreo suelo | 8 Diversidad de arbustos, lianas, cañas, helechos, etc. |
| 3 Subparcela regeneración | 6 Muestreo de densidad aparente | 9 Diversidad herbácea |

Figura 8. Parcela principal anidada

ii) Unidad de muestreo rectangular anidada 2

Este tipo de parcela es aplicada en el estrato de café bajo sombra y por lo general es similar a tipo de parcela "i", no obstante, tiene las siguientes diferencias:

- Largo de 125 m.
- Parcela central de latizales (UMBA2) es usada para registrar también las plantas de cafeto.

iii) Unidad de muestreo en conglomerados

Tipo de parcela usada solo en el estrato de bosque salado, consistiendo en cinco unidades principales de forma circular de 200 m² y al interior de estas se establecen las sub-parcelas descritas en el Tabla 25 y Figura 9. No se contempla realizar sub-parcela de hojarasca y herbáceas, debido a que, es casi nula su presencia. Las sub-parcelas circulares están separadas por 20 m una de la otra.

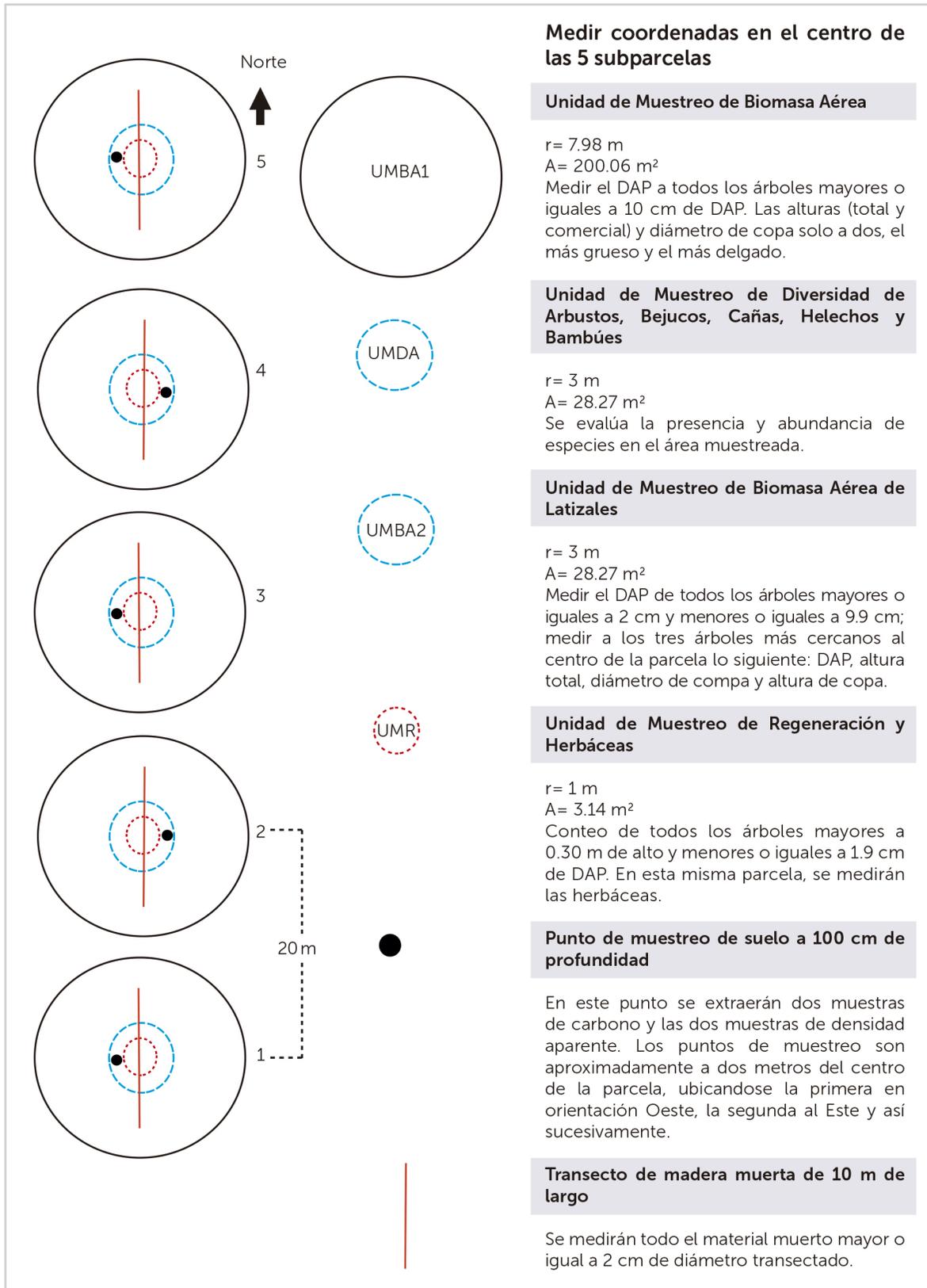
Tabla 25. Características de las sub-parcelas en unidades de muestreo en conglomerado

Código de sub-parcela	Componente/nombre	Tipo de parcela	Cantidad de unidades / sub-parcela	Cantidad de unidades /parcela
UMBA1	Unidad de muestreo de biomasa aérea 1	Parcela principal: circular de 7.98 m de radio (200 m ²) y medición de árboles => a 10 cm de dap	1	5
UMBA2	Unidad de muestreo de biomasa aérea 2	Parcela principal: circular de 3 m de radio (28.27 m ²) y medición de árboles => a 2 cm de dap e =< a 9.9 cm de dap	1	5

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

Código de sub-parcela	Componente/nombre	Tipo de parcela	Cantidad de unidades / sub-parcela	Cantidad de unidades /parcela
UMR	Unidad de muestreo de regeneración	Parcela principal: circular de 1 m de radio (3.14 m ²) y medición de árboles =< a 1.9 cm de dap y => a 30 cm de altura.	1	5
UMDA	Unidad de muestreo diversidad arbustiva, lianas, cañas, helechos y otras	Parcela principal: circular de 3 m de radio (28.27 m ²) y cantidad de arbustos, lianas, cañas, helechos, bambúes y otras. En la misma parcela de UMBA2.	1	5
UMDH	Unidad de muestreo de diversidad de herbáceas	Parcela principal: circular de 1 m de radio (3.14 m ²) y número de ejemplares de herbáceas. En la misma parcela de UMR.	1	5
BMM	Biomasa de maderas muertas	Transecto: línea de 10 m de longitud sobre la que se evalúan las intersecciones con material muerto caído	1	5
UMSC	Unidad de muestreo de suelo para carbono	Punto de muestreo de suelo con una profundidad de 100 cm (dos muestras por punto, la primera de 0-50 cm y la segunda de 50-100 cm).	1	5
UMSDA	Unidad de muestreo de suelo para densidad aparente	Densidad aparente del suelo (dos muestras por punto, la primera de 20-25 cm y la segunda de 70-75 cm).	1	5

Figura 9. Parcela principal en conglomerado para estrato de bosque salado



Cálculo de la biomasa en el bosque latifoliado

La biomasa aérea - sobre el suelo (en Kg) seca de los árboles se calcula con el empleo de la ecuación alométrica de Chave *et al.* (2005), que estaba disponible para el consultor (en la próxima actualización del NRF se aplicará Chave *et al.* 2014), del cual sólo dos árboles quedaron fuera del rango de la ecuación aplicada:

$$Biomasa = 0.0509 \cdot \rho \cdot DAP^2 \cdot altura$$

Donde ρ es la gravedad específica en g/cm³, el DAP es el diámetro a la altura de pecho en centímetros, y la altura es la altura total en metros. Esta ecuación está generada con datos de DAP hasta 156 cm, por lo que, a partir de esos diámetros, los resultados son aproximados. Por otra parte, esta ecuación es de aplicación para bosques húmedos, bosques donde la evapotranspiración excede la precipitación entre uno y cinco meses al año, con una precipitación entre 1,500 – 3,500 mm/año, condiciones que se dan en la mayoría del territorio salvadoreño.

Para las gravedades específicas se ha consultado la bibliografía, añadiendo los datos reales de las especies de las que se dispone de datos, y valores promedio para el resto. La fuente de datos principal han sido los datos del IPCC (2006), que a su vez provienen de diferentes fuentes.

En caso de que una misma especie tuviese diferentes gravedades específicas según diferentes bibliografías, se ha empleado un promedio, a excepción del caso de la existencia del dato para el IPCC, que ha sido el empleado (sin promediar) siempre que se ha dispuesto del mismo. Del total de las especies forestales arbóreas del listado maestro (1,135 especies arbóreas distintas), se han introducido un total de 141 datos de gravedades específicas. Para el resto se ha empleado el promedio de las gravedades específicas del resto de especies, asignando en este caso un valor de 0.613 g/cm³

Cálculo de la biomasa en coníferas

Para la biomasa del bosque de coníferas se han realizado dos aproximaciones, según si las especies encontradas son efectivamente coníferas o latifoliadas. En el caso de las latifoliadas, se ha empleado de nuevo la fórmula de Chave *et al.* (2005), con la gravedad específica promedio y con la relación altura – diámetro calculada para este estrato.

Para el caso de las coníferas, la ecuación alométrica empleada ha sido la de Alberto y Elvir (2005), obtenida en Honduras en zonas limítrofes a El Salvador (Departamento de La Paz)

para bosques naturales de *Pinus oocarpa*. La ecuación empleada es la siguiente, y se aplica tanto a esta conífera como al resto de especies del género *Pinus* del país:

$$\ln \text{Biomasa} = -2.18352102 + 0.85091168 * \ln (\text{DAP}^2 * h)$$

Donde el DAP se introduce en cm y la altura en m. El resultado de la biomasa es en Kg. Para el cálculo de esta ecuación de biomasa se utilizaron 31 árboles entre las clases diamétricas de 10 cm a 54 cm y alturas de 7 m a 24 m. Los resultados para árboles fuera de este rango son por tanto aproximaciones. El rendimiento de la ecuación no ha sido probado con datos nacionales, ya que no existen mediciones de biomasa de coníferas en el país.

Para el caso de la biomasa de *Cupressus lusitanica*, se ha empleado la ecuación de la FAO (2013), con la biomasa en kg y el DAP en centímetros:

$$\text{Biomasa} = 0.5266 * \text{DAP}^{1.7712}$$

Cálculo de la biomasa aérea en el cafetal bajo sombra

El cálculo de la biomasa total aérea del Cafetal Bajo Sombra (CBS) está formado por cuatro componentes:

- Biomasa de los árboles de la UMBA1 (DAP mayores o iguales a 10 cm).
- Biomasa de los árboles de la UMBA2 (DP mayores o iguales a 2 cm y menores o iguales a 9.9 cm).
- Biomasa de los tocones de las plantas de café.
- Biomasa de las matas.

En el caso de las especies de árboles de la UMBA1 y la UMBA2, se ha empleado de nuevo la fórmula de Chave et al. (2005), con las diferentes especies encontradas de este estrato y con las gravedades específicas ya presentadas en el caso del bosque latifoliado. La biomasa aérea - sobre el suelo (en Kg) seca de los árboles se calcula con el empleo de la ecuación alométrica:

$$\text{Biomasa} = 0.0509 \cdot p \cdot \text{dap}^2 \cdot \text{altura}$$

Donde p es la gravedad específica en g/cm^3 , el DAP es el diámetro en centímetros, y la altura es la altura total en metros.

Puesto que los árboles de la UMBA1 del CBS se ven afectados por podas para regular la entrada de luz, se ha propuesto un porcentaje de reducción de la biomasa de la copa según la disponibilidad de copa indicada en campo. El porcentaje de copa respecto de la biomasa total aérea ha sido analizado bibliográficamente (Tabla 26):

Tabla 26. Porcentaje de copa respecto de la biomasa total aérea

	Biomasa copa (%)	Fuente
Cletrha mexicana	54.87	Acosta <i>et al</i> , 2011
Alnus arguta	39.39	Acosta <i>et al</i> , 2011
Alchornea latifolia	50.58	Aquino-Ramírez <i>et al</i> , 2014
Inga punctata	59.26	Aquino-Ramírez <i>et al</i> , 2014
Quercus magnoliaefolia	37.4	Gómez <i>et al</i> , 2011
Promedio	48.3	

Se procede por tanto a aplicar la reducción que corresponda (la observada en campo) sobre el 48.3 % de la biomasa aérea.

Para el caso de la biomasa del café con tocón y recepa se ha empleado el estudio de Castellanos *et al*. (2010). Este estudio, realizado en Guatemala, ha generado fórmulas para el cálculo de la biomasa aérea separando los tocones del café de sus matas. Para el caso de los tocones, la fórmula empleada es la siguiente:

$$\text{Biomasa (tocones)} = 0.1124 \cdot (DAB \cdot h)^{0.5435}$$

Donde la biomasa es en kg, el DAB en cm y la h (altura total) en m.

La biomasa aérea de los retoños de una mata de café emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Biomasa (retoños)} = 0.1955 \cdot DAB^{1.648}$$

Donde la biomasa es en kg y el DAB del retoño en cm. Puesto que en campo se midió el hijo con mayor DAB y el hijo con menor DAB, los cálculos emplean el DAB promedio para calcular la biomasa del resto de hijos (el número total de hijos también es tomado en campo). En el cálculo de la biomasa del café se han incluido todas las plantas de café, así como de todos los hijos (todos los DAB). Los hijos con DAB < 2 cm aportan una biomasa

importante al cómputo total de la biomasa aérea del café por la propia naturaleza de la especie y por este hecho se ha decidido tenerlos en cuenta también.

Cálculo de la biomasa en bosque salado

Al igual que en el resto de los estratos, en el caso del Bosque Salado se calcula la biomasa total aérea (para poder posteriormente transformarla en carbono). No obstante, debido a las diferencias en su composición y estructura respecto a los bosques de tierra firme, los enfoques para cuantificar el stock de carbono difieren.

La determinación de la biomasa se realiza en este caso con ecuaciones alométricas existentes. Estas ecuaciones ofrecen una relación entre la biomasa total del árbol (con todos sus componentes aéreos, es decir: ramaje, hojas, etc.) y los parámetros medidos en campo. En este caso, la determinación de la especie es importante para poder elegir la ecuación alométrica más adecuada.

La elección de la ecuación alométrica a usar ha de considerar el origen geográfico de la ecuación y/o las especies para las cuales ha sido elaborada. Puesto que hay grandes diferencias en la estructura y en la densidad de la madera entre las diferentes especies, las ecuaciones por especie tienden a ser más precisas que las ecuaciones generales. Por este motivo se han tomado ecuaciones específicas siempre que ha sido posible. Por otra parte, es una cuestión relevante el considerar el diámetro máximo para el cual la ecuación fue calculada. Aplicar la ecuación para aquellos árboles que exceden el diámetro máximo da lugar a una sobreestimación de la biomasa. Las ecuaciones empleadas han sido las siguientes (Tablas 27 y 28), seleccionadas de la referencia *Coastal Blue Carbon* (Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Pidgeon, E., Telszewski, M. (eds.) (2014)):

Tabla 27. Ecuaciones de cálculo de la biomasa total aérea para el manglar

Tipo	DAPmax	Hmax	Ecuación
Ecuación general para América que considera sólo el DAP	42 cms	-	$B = 0.168 * \rho * DAP^{2.471}$
Ecuación para las especies del género <i>Rhizophora</i> spp.	60 cms	35 m	$B = 0.0375 * (DAP^2 * h)^{0.98626} * \rho$

Tabla 28. Densidad media de la madera de diferentes especies presentes en el manglar

Especie	Gravedad específica de la madera (t/m ³)
Avicenia germinans	0.90
Laguncularia racemosa	0.60
Rhizophora mangle	0.89
Resto de especies	0.613

Cálculo de los componentes del carbono

Los componentes de carbono calculados para el INB de El Salvador son los recogidos en usos AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use), en IPCC (2006), ordenados en las siguientes categorías (Tabla 29):

- CO₂ de árboles con DAP mayor o igual a 10 cm (UMBA1)
- CO₂ de árboles con DAP mayor o igual a 2 cm, pero menor a 10 cm (UMBA2)
- CO₂ raíces
- CO₂ hojarasca
- CO₂ madera muerta
- CO₂ herbáceas
- CO₂ suelo

Tabla 29. Reservorios de CO₂ calculados en el INB de El Salvador que se utilizaron para el NRF

Depósito		Descripción
Biomasa Viva	Aérea	Toda la biomasa de la vegetación viva, tanto de madera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluidos tallos, cepas, ramas, corteza, semillas y follaje.
	Subterránea	Toda la biomasa de las raíces vivas. A menudo, las raíces finas, de menos de 2 mm de diámetro (sugerido), se excluyen porque, empíricamente, no se las puede distinguir de la materia orgánica del suelo o de la hojarasca.

Materia orgánica muerta	Madera muerta	Incluye toda la biomasa leñosa no viviente que no está contenida en la hojarasca, ya sea en pie, tendidas en el suelo o semienterrada. La madera muerta incluye la madera tendida en la superficie, las raíces muertas y las cepas de 10 cm de diámetro o más (o del diámetro especificado por el país).
	Hojarasca	Incluye toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite establecido para la materia orgánica del suelo (sugerido 2 mm) y menor que el diámetro mínimo elegido para la madera muerta (p. ej. 10 cm), que yace muerta. Incluye la capa de hojarasca como se la define habitualmente en las tipologías de suelos. Las raíces vivas finas por encima del suelo mineral u orgánico (por debajo del diámetro mínimo límite elegido para la biomasa subterránea) se incluyen con la hojarasca cuando no se les pueda distinguir de esta última empíricamente.

Para convertir biomasa a carbono (C) se emplea esta fórmula:

$$C = B \cdot 0.47$$

Donde B es la biomasa.

El dióxido de carbono (CO₂) fijado es calculado usando el carbono de la biomasa multiplicado por la constante 44/12, ratio de pesos moleculares, según indicado en IPCC (2006), de la siguiente forma:

$$CO_{2fijado} = C \cdot (44/12)$$

En el caso de los tocones vivos, el procedimiento de cálculo es análogo. Primero hay que calcular el volumen que suponen, para luego calcular su biomasa, su carbono y su CO₂ fijado: El volumen del tocón se obtiene asimilando su forma a la de un cilindro, donde el diámetro puede ser el DAP (si el tocón lo tiene) o el diámetro a media altura:

$$V_{tocón vivo} = \pi * \left(\frac{diámetro}{2}\right)^2 * altura$$

La biomasa del tocón se calcula a partir del volumen. La estimación de la biomasa del tocón se obtiene multiplicando el volumen del tocón por la densidad. En este caso se emplea la densidad media de las especies de El Salvador, establecida en 0.613 g/cm³.

Una vez se dispone de la biomasa, el carbono se calcula con la fracción del 0.47 del IPCC (2006). El CO₂ fijado se calcula multiplicando por la constante 44/12.

CO₂ de las raíces

Puesto que en el INB no se han tomado muestras de raíces para la determinación de carbono, la misma se estima empleando distintos métodos según se trate de bosque general o de bosque salado.

En el caso del bosque general, la biomasa subterránea no se estima para los árboles individuales, sino para los distintos tipos de bosque y usos de la tierra, utilizando como variable independiente la estimación de la biomasa aérea. Se utiliza el modelo de Cairns et al. (1997) para bosques tropicales:

$$BS = e^{-1.0587+0.8836*\ln(BA)}$$

Donde BS es la biomasa subterránea en toneladas por hectárea y BA es la biomasa aérea seca.

En el caso del bosque salado, se emplea la ecuación general reportada por Komiyama et al. (2008), que es la siguiente:

$$BS = 0.199 * GE^{0.899} * DAP^{2.22}$$

Donde BS es la biomasa subterránea en kg, GE es la gravedad específica de la madera (en g/cm³) y el DAP está en centímetros. La biomasa se convierte a C (factor 0.47) y CO₂ (44/12) con el mismo procedimiento explicado en la sección anterior.

CO₂ de la hojarasca

El CO₂ de la hojarasca se obtiene del carbono de la hojarasca, que a su vez se obtiene de la biomasa de la hojarasca determinada en laboratorio. En laboratorio se determina el porcentaje de carbono de la hojarasca, así como el contenido de humedad de la misma. Además, se cuenta con el peso húmedo de la muestra, en gramos. Con esos datos, se aplica la siguiente fórmula para el cálculo de la biomasa:

$$B \left(\frac{t}{ha} \right) = \left(\frac{Phbt}{1 + \left(\frac{CH}{100} \right)} \right) * \left(\frac{1}{100} \right)$$

Donde:

B es la biomasa en hojarasca.

Phbt es el peso húmedo (gramos) de la muestra total.

CH es el contenido de humedad. Se calcula a partir del peso seco obtenido en laboratorio:

$$ch = \frac{Phs - Pss}{Pss} * 100$$

Donde Phs es el peso húmedo de la submuestra tomada en campo y Pss es el peso seco de dicha submuestra.

El carbono orgánico se determina en laboratorio y se multiplica por la biomasa para obtener el carbono.

$$C \left(\frac{t}{ha} \right) = \frac{\%C}{100} * B \left(\frac{t}{ha} \right)$$

El dióxido de carbono (CO₂) fijado es calculado usando el carbono multiplicado por la constante 44/12.

CO₂ de la madera muerta

Para determinar el contenido de carbono de la madera muerta se necesita su volumen. Dicho volumen (en m³/ha) es calculado siguiendo la metodología de Van Wagner (1968). En esta metodología, el volumen es calculado empleando el diámetro en centímetros de la troza de madera muerta (d) y la longitud del trayecto en metros (L):

$$V = \frac{\pi^2}{8 * L} * \sum d^2$$

La longitud de los transectos es:

- 3 transectos de 10 m en el caso de bosque latifoliado, bosque de coníferas y cafetal bajo sombra.
- 5 transectos de 10 m en el caso del bosque salado/mangle.

La biomasa se calcula multiplicando el volumen anterior por la gravedad específica de las maderas muertas, que a su vez depende del grado de descomposición tomado en campo, agrupado en tres categorías (sólido, intermedio y podrido). Puesto que existe una elevada correlación entre la gravedad específica de la madera de los árboles vivos y la gravedad específica de la madera de los árboles muertos (Chao *et al.*, 2009), y visto que la gravedad específica media para las especies de El Salvador es de 0.613 t/m³, las fórmulas a emplear para las gravedades específicas son las siguientes:

Maderas sólidas:

$$GEMM = 1.17 * (GEArb) - 0.21$$

Maderas intermedias:

$$GEMM = 1.17 * (GEArb) - 0.31$$

Maderas podridas: se utiliza un valor medio de la densidad por detritus de bosques neotropicales de las tierras bajas, correspondiente a un valor fijo de 0.29 t/m³ (Chao *et al.*, 2008).

En el caso de los tocones y árboles muertos, una vez conocido su volumen, se le multiplica por la gravedad específica de la madera muerta para obtener la biomasa. Puesto que no se recogió en campo el grado de descomposición de la madera para el caso de los tocones y los árboles muertos en pie, se asigna un valor intermedio (0.5 g/cm³).

El siguiente esquema (Figura 10) resume los componentes de carbono que se calculan en el INB, utilizados en el NRF:

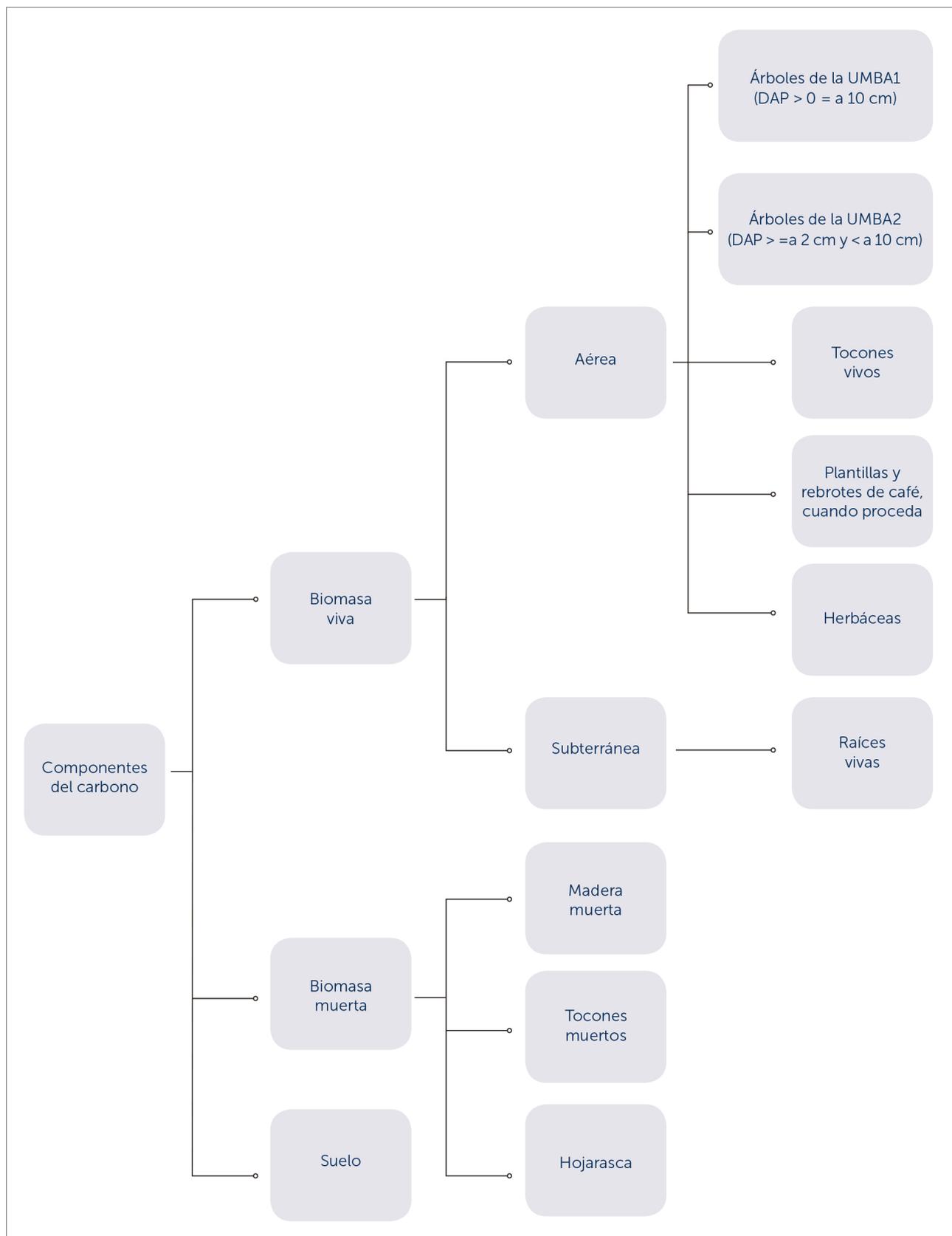


Figura 10. Componentes del carbono analizados en el INB

Se inventariaron un total de 319 parcelas. Mediante evaluación visual de imágenes de alta resolución de 2018, se determinó la cobertura de dosel de las parcelas del INB, incluyendo bosque latifoliado natural, bosque de coníferas natural, bosque salado y cultivo de café. La biomasa de cada componente se relacionó con la cobertura forestal para las categorías de cobertura de dosel encontrado: extremadamente degradado (Extr Deg, <30 %), muy degradado (Muy Deg, 30-59 %), degradado (Deg, 60-89 %) e intacto (Int, ≥90 %). con al siguiente número de parcelas por tipo de bosque y estado de degradación (Tabla 30):

Tabla 30. Numero de parcelas inventariadas por tipo de bosque y estado de degradación

Tipo de Bosque	Estado	No parcelas
Bosque latifoliado	Int	81
	Deg	48
	Muy Deg	13
	Extr Deg	4
Bosque de coníferas	Int	35
	Deg	37
	Muy Deg	7
	Extr Deg	1
Bosque Salado	Int	32
	Deg	12
	Muy Deg	5
	Extr Deg	3
Cafetal Bajo Sombra	Int	15
	Deg	23
	Muy Deg	3
Total general		319

Para la construcción de factores de emisión y remoción en biomasa de las transiciones, se utilizan como base la biomasa total promedio en tipo de bosque y estado de degradación (Tabla 31), la biomasa promedio presente en los árboles con DAP > 10 cm (Tabla 32) y, el promedio de la biomasa presente en el reservorio de herbáceas (Tabla 33), de acuerdo a las siguientes Tablas.

En el Anexo 2 se presenta el porcentaje (%) que ocupa cada reservorio de biomasa en la biomasa total por tipo de bosque y estado de degradación.

Tabla 31. Promedio de biomasa total por tipo de bosque y estado de degradación, número de parcelas (N), D.E. y 90 % intervalo de confianza.

(Disponible en Factores de Emisión-Biomasa.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Factores%20de%20Emision-Biomasa.xlsx>)

Tipo de Bosque	Estado	Biomasa Total	N	D.E.	90 % CI
Bosque latifoliado	Int	215.9	81	171.7	38.0
	Deg	169.1	48	113.0	32.8
	Muy Deg	118.9	13	106.5	64.4
	Extr Deg	96.4	4	91.7	145.9
	ZB	188.6	146	151.6	24.8
Bosque de coníferas	Int	378.1	35	186.3	64.0
	Deg	242.9	37	147.0	49.0
	Muy Deg	88.3	7	40.1	37.1
	Extr Deg	77.1	1	-	
	ZB	286.5	80	184.0	40.9
Bosque Salado	Int	318.6	32	146.9	53.0
	Deg	268.9	12	229.3	145.7
	Muy Deg	109.8	5	37.5	46.6
	Extr Deg	46.3	3	22.2	55.0
	ZB	271.3	52	179.9	50.1

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

Cafetal Bajo Sombra	Int	330.1	15	149.9	83.0
	Deg	175.9	23	73.5	31.8
	Muy Deg	121.1	3	37.1	92.1
	ZB	228.3	41	132.4	41.8

Tabla 32. Promedio de biomasa (en tCO₂) en los árboles con DAP > 10 cm por tipo de bosque y estado de degradación, el número de parcelas (N), D.E y 90 % intervalo de confianza. (Disponible en Factores de Emision-Biomasa.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Factores%20de%20Emision-Biomasa.xlsx>)

Tipo de Bosque	Estado	BiomArb >10cm	N	D.E.	90 % CI
Bosque latifoliado	Int	105.5	81	98.8	21.9
	Deg	76.1	48	56.1	16.3
	Muy Deg	54.3	13	65.1	39.3
	Extr Deg	40.1	4	48.2	76.7
	ZB	89.5	146	85.3	14.0
Bosque de coníferas	Int	186.9	35	96.8	33.2
	Deg	125.5	37	85.5	28.5
	Muy Deg	40.7	7	22.0	20.4
	Extr Deg	24.0	1	-	
	ZB	143.7	80	98.0	21.8
Bosque Salado	Int	135.6	32	74.4	26.8
	Deg	102.5	12	145.6	92.5

Tipo de Bosque	Estado	BiomArb >10cm	N	D.E.	90 % CI
	Muy Deg	21.7	5	29.3	36.3
	Extr Deg	0.3	3	0.4	1.1
	ZB	109.2	52	101.2	28.2
Cafetal Bajo Sombra	Int	166.3	15	83.0	46.0
	Deg	79.4	23	43.0	18.6
	Muy Deg	56.6	3	15.0	37.3
	ZB	109.5	41	73.9	23.3

Tabla 33. Promedio de biomasa (en tCO₂) en las plantas herbáceas por tipo de bosque y estado de degradación, el número de parcelas (N), D.E y 90 % intervalo de confianza. (Disponible en Factores de Emision-Biomasa.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Factores%20de%20Emision-Biomasa.xlsx>)

Tipo de Bosque	Estado	Herbaceae (tCO ₂ /ha)	N	D.E.	90 % CI
Bosque latifoliado	Int	0.4	81	1.02	0.22
	Deg	0.5	48	1.13	0.33
	Muy Deg	0.4	13	1.08	0.65
	Extr Deg	0.7	4	0.72	1.15
	ZB	0.4	146	1.06	0.17
Bosque de coníferas	Int	0.2	35	0.43	0.15
	Deg	0.1	37	0.27	0.09
	Muy Deg	0.4	7	0.56	0.52
	Extr Deg	-	1	-	-
	ZB	0.1	80	0.39	0.09
Bosque Salado	Int	-	32	-	-
	Deg	-	12	-	-

	Muy Deg	-	5	-	-
	Extr Deg	-	3	-	-
	ZB	-	52	-	-
Cafetal Bajo Sombra	Int	0.2	15	0.40	0.22
	Deg	0.7	23	1.23	0.53
	Muy Deg	0.1	3	0.13	0.32
	ZB	0.5	41	0.98	0.31

Para la construcción de factores de emisión y remoción de biomasa en las transiciones identificadas, se calculan los promedios de los contenidos de CO₂ en la biomasa del estado inicial y se resta del contenido de CO₂ en la biomasa final, utilizando como base los resultados del INB. En los cálculos de los factores de emisión y remoción de biomasa se parten de los siguientes planteamientos:

1. El contenido de CO₂ en la biomasa de las parcelas No Bosques con Copa (NB-CA) corresponde al CO₂ en la biomasa de árboles >10 cm del estado de cobertura entre 30-59 % (muy degradado), del tipo de bosque donde está presente el punto o unidad de muestreo. Dado que se trata de árboles presentes en el paisaje agropecuario y rural, se consideró que este reservorio está principalmente representado por árboles > 10cm. No se ha colectado información cuantitativa de este reservorio en la condición No Bosque y en la literatura disponible no hay datos que se puede utilizar, por lo que se estimó que la cantidad de biomasa presente en estos ambientes es similar a aproximadamente la mitad de la biomasa de los bosques, es decir de la categoría de 30-59 % de cobertura. Cabe señalar que el gobierno de El Salvador considera prioritario generar los factores de emisión y remoción nacionales, particularmente de las transiciones de Bosque a No-Bosque con Árboles y viceversa.
2. El contenido de CO₂ en la biomasa de las parcelas No Bosque sin Copa (NB-SA) corresponde al CO₂ en la biomasa de las herbáceas del tipo de bosque donde está presente el punto o unidad de muestreo (en TIER 1 se contempla la pérdida de la biomasa total en el caso de cambio de Tierras Forestales a Tierras Agrícolas, IPCC 2019).

3. El contenido de CO₂ en la biomasa total, árboles con DAP > 10 cm y Herbáceas del Bosque de Galería y su estado de degradación es igual al contenido de CO₂ en la biomasa total, árboles > 10 cm DAP y Herbáceas del Bosque Latifoliado Natural. En Anexo 2 se presenta el porcentaje que representan los reservorios de biomasa en la biomasa total en las parcelas de INB por tipo de bosque y estado de degradación.
4. Las emisiones por degradación corresponden a la diferencia de CO₂ en los árboles con DAP > 10 cm del estado inicial y final.
5. Las remociones por recuperación corresponden a la diferencia de CO₂ en los árboles con DAP > 10 cm del estado inicial y final.
6. En el caso de reforestación, se utiliza como base para calcular los factores de remoción la biomasa del tipo de bosque y estado de degradación, cuando la reforestación ocurre en una unidad de muestreo que ya tiene bosque presente en el estado inicial, partiendo del supuesto que la reforestación en este caso corresponde a una ampliación del polígono de bosque inicial manteniendo el promedio de biomasa. En el caso de reforestación en una unidad de muestreo sin bosque en el estado inicial, se considera como bosque secundario, al cual se aplica una tasa de acumulación anual durante el período de análisis.
7. Para la degradación y recuperación de los bosques sin estado de degradación (Zonas Boscosas, ZB en unidades de muestreo < 10 puntos con bosque) se utilizaron el promedio de biomasa del reservorio o reservorios correspondientes del conjunto de las parcelas del tipo de bosque correspondiente.

La biomasa y tasa de acumulación de plantaciones de coníferas y latifoliadas y tasa de acumulación para vegetación secundaria son valores por defecto TIER 1 (IPCC 2006). A partir de los supuestos y las tablas de biomasa, se generaron los siguientes factores de emisión de biomasa para la deforestación (Tabla 34):

Tabla 34. CO₂ (tCO₂/ha) en la biomasa inicial de tipos de bosques y estado de degradación y CO₂ (tCO₂/ha) en la biomasa final de No Bosque con Copa (CO₂FinalCA) y No Bosque sin Copa (CO₂FinalSA) y los factores de emisión para TF→NB-CA y TF→NB-SA (en tCO₂/ha).
(Disponible en Factores de Emision-Biomasa.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Factores%20de%20Emision-Biomasa.xlsx>).

Tipo de Bosque	Estado	CO ₂ Inicial (tCO ₂ /ha)	CO ₂ Final CA (tCO ₂ /ha)	CO ₂ Final SA (tCO ₂ /ha)	FE TF->NB-CA (tCO ₂ /ha)	FE TF->NB-SA (tCO ₂ /ha)
Bosque latifoliado	Int	215.9	54.3	0.4	161.62	215.45
	Deg	169.1	54.3	0.4	114.83	168.65
	Muy Deg	118.9	54.3	0.4	64.64	118.46
	Extr Deg	96.4	54.3	0.4	42.12	95.95
	ZB	188.6	54.3	0.4	134.33	188.15
Bosque de coníferas	Int	378.1	40.1	0.1	337.45	378.00
	Deg	242.9	40.1	0.1	202.19	242.74
	Muy Deg	88.3	40.1	0.1	47.65	88.20
	Extr Deg	77.1	40.1	0.1	36.43	76.98
	ZB	286.5	40.1	0.1	245.77	286.32
Bosque Salado	Int	318.6	21.7	-	296.92	318.58
	Deg	268.9	21.7	-	247.22	268.88
	Muy Deg	109.8	21.7	-	88.13	109.79
	Extr Deg	46.3	21.7	-	24.63	46.29
	ZB	271.3	21.7	-	249.67	271.33
Cafetal Bajo Sombra	Int	330.1	56.6	0.5	273.50	329.59
	Deg	175.9	56.6	0.5	119.30	175.39
	Muy Deg	121.1	56.6	0.5	64.52	120.61
	ZB	228.3	56.6	0.5	171.71	227.80

Se generaron los siguientes factores de remoción de biomasa para la reforestación en unidades de muestreo con bosque en el estado inicial (Tabla 35):

Tabla 35. CO_2 (tCO_2/ha) en la biomasa inicial de No Bosque con Copa (CO_2 InicialCA) y No Bosque sin Copa (CO_2 InicialSA) y CO_2 (tCO_2/ha) en la biomasa final de los tipos de bosques y estado de degradación y factores de emisión correspondientes FE NB-CA→TF y FE NB-SA→TF (en tCO_2/ha). (Disponible en Factores de Emision-Biomasa.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Factores%20de%20Emision-Biomasa.xlsx>).

Tipo de Bosque	Estado	CO2 Inicial CA (tCO_2/ha)	CO2 Inicial SA (tCO_2/ha)	CO2 Final (tCO_2/ha)	FR NB-CA->TF (tCO_2/ha)	FR NB-SA->TF (tCO_2/ha)
Bosque latifoliado	Int	54.3	0.4	215.9	-161.62	-215.45
	Deg	54.3	0.4	169.1	-114.83	-168.65
	Muy Deg	54.3	0.4	118.9	-64.64	-118.46
	Extr Deg	54.3	0.4	96.4	-42.12	-95.95
	ZB	54.3	0.4	188.6	-134.33	-188.15
Bosque de coníferas	Int	40.1	0.1	378.1	-337.45	-378.00
	Deg	40.1	0.1	242.9	-202.19	-242.74
	Muy Deg	40.1	0.1	88.3	-47.65	-88.20
	Extr Deg	40.1	0.1	77.1	-36.43	-76.98
	ZB	40.1	0.1	286.5	-245.77	-286.32
Bosque Salado	Int	21.7	-	318.6	-296.92	-318.58
	Deg	21.7	-	268.9	-247.22	-268.88
	Muy Deg	21.7	-	109.8	-88.13	-109.79
	Extr Deg	21.7	-	46.3	-24.63	-46.29
	ZB	21.7	-	271.3	-249.67	-271.33
Cafetal Bajo Sombra	Int	56.6	0.5	330.1	-273.50	-329.59
	Deg	56.6	0.5	175.9	-119.30	-175.39
	Muy Deg	56.6	0.5	121.1	-64.52	-120.61
	ZB	56.6	0.5	228.3	-171.71	-227.80

Los factores de remoción para vegetación secundaria y plantaciones nuevas (a partir de 2001) se expresan como la tasa de crecimiento anual en t CO₂ ha⁻¹ año⁻¹. En el INB no se estima las tasas de crecimiento de biomasa para bosques secundarios o plantaciones nuevas. En ausencia de resultados del inventario de parcelas con vegetación en recuperación, se usaron las tasas de remoción por defecto de IPCC (Tabla 36).

Tabla 36. Factores de remoción (en tCO₂/ha/año) para vegetación secundaria y plantaciones nuevas (IPCC, 2006)

Tipo de vegetación	Tasa de incremento (en tCO ₂ /ha/año)
Vegetación secundaria (tasa de incremento en DM/Ha/Año*44/12*0.47)	4.48
Plantaciones nuevas (tasa de incremento en DM/Ha/Año *44/12 *0.47)	10.34

Se generaron factores de emisión para la degradación de bosques (en tCO₂/ha), a partir del CO₂ en la biomasa de árboles >10 cm DAP del estado inicial y final, que se presentan en la siguiente tabla (Tabla 37):

Tabla 37. Factores de emisión (FE) para la degradación de bosques a partir del tCO₂ en árboles con DAP > 10 cm en el estado inicial (CO₂Inicial) y final (CO₂Final). (Disponible en Factores de Emision-Biomasa.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Factores%20de%20Emision-Biomasa.xlsx>)

Tipo de Bosque	Estado Inicial	Estado final	CO ₂ Inicial (tCO ₂ /ha)	CO ₂ final (tCO ₂ /ha)	FE (tCO ₂ /ha)
Bosque latifoliado natural	Int	Deg	105.5	76.1	29.4
	Int	Muy Deg	105.5	54.3	51.2
	Int	Extr Deg	105.5	40.1	65.3
	Deg	Muy Deg	76.1	54.3	21.8
	Deg	Extr Deg	76.1	40.1	36.0
	Muy Deg	Extr Deg	54.3	40.1	14.1

Tipo de Bosque	Estado Inicial	Estado final	CO2 Inicial (tCO2/ha)	CO2 final (tCO2/ha)	FE (tCO2/ha)
Bosque de conífera natural	Int	Deg	186.9	125.5	61.4
	Int	Muy Deg	186.9	40.7	146.2
	Deg	Muy Deg	125.5	40.7	84.8
	Deg	Extr Deg	125.5	24.0	101.5
Bosque de galería	Int	Deg	105.5	76.1	29.4
	Int	Muy Deg	105.5	54.3	51.2
	Deg	Muy Deg	76.1	54.3	21.8
	Deg	Extr Deg	76.1	40.1	36.0
	Muy Deg	Extr Deg	54.3	40.1	14.1
Bosque salado	Int	Deg	135.6	102.5	33.1
	Int	Muy Deg	135.6	21.7	114.0
	Deg	Muy Deg	102.5	21.7	80.9
	Deg	Extr Deg	102.5	0.3	102.2
Cultivo de café	Int	Deg	166.3	79.4	86.9
	Int	Muy Deg	166.3	56.6	109.7
	Int	Extr Deg	166.3	56.6	109.7
	Deg	Muy Deg	79.4	56.6	22.8
	Deg	Extr Deg	79.4	56.6	22.8
	Muy Deg	Extr Deg	56.6	56.6	-

Igual, se generaron los factores de remoción de biomasa para los bosques que recuperaron cobertura de dosel a partir del tCO₂ presentes en los árboles con DAP >10 cm en el estado inicial y final (Tabla 38):

Tabla 38. Factores de remoción (FR) para la recuperación de bosques a partir del CO₂ en árboles con DAP > 10 cm en el estado inicial (CO₂Inicial) y final (CO₂Final).

(Disponible en Factores de Emision-Biomasa.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Factores%20de%20Emision-Biomasa.xlsx>)

Tipo de Bosque	Estado Inicial	Estado final	CO2 Inicial (tCO2/ha)	CO2 Final (tCO2/ha)	FR (tCO2/ha)
Bosque latifoliado natural	Deg	Int	76.1	105.5	-29.4
	Muy Deg	Int	54.3	105.5	-51.2
	Muy Deg	Deg	54.3	76.1	-21.8
	Extr Deg	Int	40.1	105.5	-65.3
	Extr Deg	Deg	40.1	76.1	-36.0
	Extr Deg	Muy Deg	40.1	54.3	-14.1
Bosque de conifera natural	Deg	Int	125.5	186.9	-61.4
	Muy Deg	Int	40.7	186.9	-146.2
	Muy Deg	Deg	40.7	125.5	-84.8
	Extr Deg	Int	24.0	186.9	-163.0
	Extr Deg	Deg	24.0	125.5	-101.5
	Extr Deg	Muy Deg	24.0	40.7	-16.7
Bosque de galería	Deg	Int	76.1	105.5	-29.4
	Muy Deg	Int	54.3	105.5	-51.2
	Muy Deg	Deg	54.3	76.1	-21.8
	Extr Deg	Muy Deg	40.1	54.3	-14.1
Bosque salado	Deg	Int	102.5	135.6	-33.1
	Muy Deg	Int	21.7	135.6	-114.0
	Muy Deg	Deg	21.7	102.5	-80.9
	Extr Deg	Deg	0.3	102.5	-102.2
	Extr Deg	Muy Deg	0.3	21.7	-21.3
Bosque latifoliado plantado	Deg	Int	172	172	0.0
	Muy Deg	Int	172	172	0.0
	Muy Deg	Deg	172	172	0.0

Tipo de Bosque	Estado Inicial	Estado final	CO2 Inicial (tCO2/ha)	CO2 Final (tCO2/ha)	FR (tCO2/ha)
	Extr Deg	Int	172	172	0.0
	Extr Deg	Deg	172	172	0.0
	Extr Deg	Muy Deg	172	172	0.0
Bosque de conífera plantado	Deg	Int	0	0	0.0
	Extr Deg	Deg	0	0	0.0
Cultivo de café	Deg	Int	79.4	166.3	-86.9
	Muy Deg	Int	56.6	166.3	-109.7
	Muy Deg	Deg	56.6	79.4	-22.8
	Extr Deg	Int	56.6	166.3	-109.7
	Extr Deg	Deg	56.6	79.4	-22.8
	Extr Deg	Muy Deg	56.6	56.6	0.0

2.7.2 Factores de emisión y remoción de Carbono Orgánico de Suelo (COS)

En el caso de emisiones y remociones del Carbono Orgánico de Suelo (COS), no se utilizaron los datos colectados en el INB, ya que no se tiene información de COS en categorías de usos de suelo No-Bosque. Por tal motivo, se generaron factores de emisión y remoción a partir de COS de referencia de IPCC y los factores de cambio (Fuso de suelo, Fmanejo y Fintensidad) por defecto (Tier 1; IPCC 2006 y 2019) por tipo de suelo y actividad. En el caso de deforestación se utilizaron COS de referencia por tipo de suelo-IPCC, sin tomar en cuenta el estado de degradación del bosque y solo se calcularon emisiones de cambios de uso de suelo sin Copa en el estado No-Bosque (NB-SA, Tabla 39).

Para la conversión de bosque a No-Bosque con árboles, tomamos los factores de cambio por defecto de 1.0, lo que implica que no hay ganancias ni pérdidas de COS para estas conversiones. Ver Tabla 5.10 para Tierras Agrícolas y Tier 1 de la sección 6.3.3.2 para Praderas y Asentamientos (IPCC 2006). Se supone que, manteniendo la cobertura de los árboles, el suelo no se impacta tanto para generar emisiones. Para un valor de $D > 1$ se requiere datos históricos de deforestación de antes del inicio de la contabilidad de emisiones/remociones.

Dado que no se tiene información sobre la tasa de deforestación antes de 2001, no se puede incluir las estimaciones de emisiones de COS de las áreas deforestadas antes de 2001 que aún están generando emisiones en 2001 y adelante.

Tomando en cuenta que la tasa de deforestación ha estado disminuyendo en el periodo de referencia, asumimos que la tasa de deforestación está disminuyendo desde los 80s, por lo que es conservador estimar la pérdida de COS (COS de referencia – Factor de cambio), con $D = 1$, que implica que todas las emisiones de COS ocurren en el año de deforestación. Se calculó el factor de cambio a partir de datos por defecto de IPCC, de un promedio ponderado de bosque a Agricultura permanente (80 %) y Bosque a Pastizal altamente degradado (20 %), de acuerdo a la proporción de deforestación (<http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/EmisionesSuelo.xlsx>).

En el caso de la reforestación, se observa un incremento de la tasa de reforestación desde 2001, por lo que en este caso se estimó una acumulación paulatina, asumiendo cero reforestación antes de 2001.

Se estimó el factor de remoción anual a partir de la distribución proporcional de la reforestación por tipo de suelo-IPCC, asumiendo una tasa de recuperación de COS inicial (agricultura y pastizales) hacia COS de Referencia en 40 años (que representa un promedio de 1.2 tC/ha/año durante 40 años, Tabla 40, <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/NRF%20Anual%20con%20COS.xlsx>).

Se calculó la remoción de CO₂ en COS anualmente a partir de los datos de reforestación anual total. No se puede separar la remoción de CO₂ en COS por tipo de Bosque, ya que no se tienen datos de reforestación anual por todos los tipos de bosque.

Tabla 39. COS de referencia (en tCO₂/ha) y el factor de cambio / $F_i * F_{lu} * F_{mg}$) por tipo de bosque y suelo. (IPCC 2006; disponible en EmisionesSuelo.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/EmisionesSuelo.xlsx>).

Tipo de Bosque	Clase de suelo IPCC	COS de Ref (tCO ₂ /ha)	$F_i * F_{lu} * F_{mg}$
Bosque	HAC	146.7	0.75
	LAC	139.3	0.75
Latifoliado	ORG	249.3	0.75
Natural	VOL	256.7	0.75
	N.I.	178.2	0.75

Bosque Conífera Natural	LAC	161.3	0.76
	VOL	352.0	0.76
	N.I.	238.3	0.76
	HAC	187.0	0.75
Bosque de Galería	LAC	139.3	0.75
	ORG	249.3	0.75
	VOL	256.7	0.75
Bosque Salado	HAC	146.7	0.75
	LAC	139.3	0.75
	ORG	1,727.0	0.61
	VOL	256.7	0.75
	N.I.	178.2	0.75
Bosque Latifoliado Plantado	HAC	146.7	0.75
	LAC	139.3	0.75
	VOL	256.7	0.75
Cultivo de Café	HAC	146.7	0.75
	LAC	139.3	0.75
	VOL	256.7	0.75
	N.I.	178.2	0.75

Tabla 40. Cálculo de la tasa de remoción de COS a partir de la distribución proporcional de la reforestación por tipo de suelo, el COS inicial en agricultura y pastizales (promedio ponderado) y tiempo de recuperación (40 años).

(Disponible en EmisionesSuelo.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/EmisionesSuelo.xlsx> y NRF Anual con COS.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/NRF%20Anual%20con%20COS.xlsx>)

Suelo IPCC	Reforestación 2001–2018 (ha)	COS Referencia (IPCC, tC/ha)	$F_i * F_{lu} * F_{mg}$ (IPCC)	COS Final (tCO ₂)	Remoción proporcional (tCO ₂ /ha/año)	Remoción proporcional (tC/ha/año)
HAC	14,577	40	0.75	110	0.45	0.12
LAC	63,664	38	0.75	105	1.85	0.50
ORG	1,304	471	0.61	1,053	0.05	0.01
VOL	38,399	70	0.75	193	2.06	0.56
NI	1,839	49	0.75	134	0.07	0.02
Total	119,783			Remoción	4.47	1.22

2.8 Cálculo de las emisiones históricas para el período de análisis

El nivel de referencia incluye las emisiones y remociones de las actividades analizadas, derivadas del período de referencia. Las emisiones de gases de efecto invernadero de las actividades se estiman siguiendo el “enfoque de cambios en los reservorios”, como se propone en el Capítulo 2, Vol. 4 de las Directrices del IPCC (2006):

$$\Delta C = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)}$$

ΔC_B : Cambio anual en las reservas de carbono en toneladas (t C yr⁻¹)

C_{t_2} : Cantidad de Carbono en los reservorios al final del período de contabilidad (tC en t_2).

C_{t_1} : Cantidad de Carbono en los reservorios al inicio del período de contabilidad (tC en t_1).

Emisiones por deforestación

Las emisiones históricas por deforestación se definen como la suma de las emisiones debidas a la deforestación en cada una de las categorías de bosque y estado de degradación durante el período de referencia; estos se calculan a partir de los datos de actividad y las densidades de carbono descrito en las secciones anteriores.

Factores de Emisión de biomasa por Deforestación

$$FE_{biomasa} = (C_{bio,pre} - C_{bio,post})$$

$$FE_{cos} = \frac{(COS_0 - COS_0 * F_{LU} * F_{MG} * F_I)}{D}$$

FE : Factor de Emisión, tCO₂-e/ha.

$C_{bio,pre}$: Existencias de C en biomasa antes del cambio forestal, tCO₂/ha

$C_{bio,post}$: Existencias de C en biomasa después de la deforestación, tCO₂/ha

COS_0 : Carbono orgánico inicial o de referencia del suelo, tCO₂/ha

D : Período de tiempo para la transición a un nuevo valor de equilibrio. (1 año)

F_{LU} : Factor de cambio de existencias de C orgánico del suelo mineral para los sistemas o subsistemas de uso de la tierra para un régimen particular de perturbación del uso de la tierra. Este factor es adimensional.

F_{MG} : Factor de cambio de existencias de C orgánico para suelo mineral para determinado régimen de gestión. Este factor es adimensional.

F_i : Factor de cambio de existencias de C orgánico para el suelo mineral para la entrada de enmiendas orgánicas. Este factor es adimensional.

Para calcular $FLU * F_{MG} * F_i$, se utilizaron un promedio ponderado del conjunto de factores de cambio a agricultura y factores de cambio a pastizales, de acuerdo a la superficie de cambio (80 % a agricultura y aprox 20 % a pastizal). Ver archivo EmisionesSuelo.xlsx en <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documentos/29>.

Las emisiones promedias anuales de CO_{2-e} por deforestación se calculan con la siguiente ecuación:

$$E_D = \frac{1}{t} * \sum_i DA_{Biomasa_i} * FE_{biomasa_i} + \sum_{i,j} DA_{SOC_{i,j}} * FE_{SOC_{i,j}}$$

E_D : Emisiones anuales por deforestación (t CO_2 *año⁻¹)

DA : Dato de actividad de la transición de bosque a no bosque (ha).

FE : Factor de Emisión de la transición de bosque a no bosque, (tC/ha)

t : años del período de análisis: $t = 10$ para 2001-2011; $t = 7$ para 2011-2018.

i : Categoría de cambio de uso

j : Tipo de suelo en la categoría de cambio de uso

En la Tabla 41, se consigna un resumen de los cálculos de emisiones de biomasa para los períodos de 2001–2011 y 2011–2018. Las emisiones por deforestación se estiman considerando los depósitos de carbono en biomasa aérea, biomasa subterránea, materia muerta, hojarasca. La emisión de biomasa perdida promedio por año por deforestación es de 2,255,442 t CO_2 entre 2001–2011 y baja a 1,374,015 t CO_2 entre 2011–2018.

Tabla 41. Cálculo de emisiones de biomasa en tCO₂ por deforestación durante los períodos de 2001–2011 y 2011–2018 para TF→NB-CA y TF→NB-SA.

(Disponible en NRF Anual con COS.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/NRF%20Anual%20con%20COS.xlsx>)

Deforestación		Emisiones			
Tipo de Bosque	Estado	2001–2011 CA (tCO ₂)	2001–2011 SA (tCO ₂)	2011–2018 CA (tCO ₂)	2011–2018 SA (tCO ₂)
Bosque Latifoliado Natural	Int	1,282,748	9,081,139	461,532	3,273,404
	Deg	975,001	6,677,732	393,389	2,494,563
	Muy Deg	85,591	1,071,368	90,747	605,864
	Extr Deg	7,896	75,027	2,016	43,638
	ZB	143,042	575,656	140,900	333,985
Bosque de Conifera Natural	Int	8,075	111,571	2,692	25,631
	Deg	47,576	285,637	12,902	97,794
	Muy Deg	1,900	32,376	1,140	11,965
	ZB	980	18,273	1,960	5,710
Bosque de Galería	Int		859	645	
	Deg	5,038	4,709	3,664	10,764
	Muy Deg	3,094	2,363		
	Extr Deg		383		383
	ZB	1,071	22,516	1,071	751
Bosque Salado	Int	20,131	423,102	20,131	176,610
	Deg	5,916	56,835		50,401
	Muy Deg	351	17,952	1,757	7,006
	ZB				

Deforestación		Emisiones			
Tipo de Bosque	Estado	2001–2011 CA (tCO ₂)	2001–2011 SA (tCO ₂)	2011–2018 CA (tCO ₂)	2011–2018 SA (tCO ₂)
		996	16,232	1,991	21,642
Bosque Latifoliado	Int		100,114		92,571
	Deg				
Plantado	Muy Deg				
	Extr Deg				
	ZB				
Bosque de Conífera	Deg				7,417
Plantado					
Cultivo de Café	Int	112,353	557,292	80,719	306,248
	Deg	46,628	498,650	51,862	426,615
	Muy Deg	15,182	82,232	34,995	196,202
	Extr Deg	515	51,936	772	16,350
	ZB	8,218	18,168	17,120	33,610
Bosque Secundario 2011	Int				56,973
	Deg				
	Muy Deg				
	Extr Deg				
	ZB				
Total		2,772,302	19,782,122	1,322,007	8,296,097
Anual		277,230	1,978,212	188,858	1,185,157

En la Tabla 42 se presenta los cálculos de emisiones de CO₂ por pérdida de COS por la deforestación entre 2001-2011 y 2011-2018. Sólo se tomaron en cuenta la pérdida de COS en la deforestación con pérdida de la copa de los árboles, mientras el COS se mantiene estable con los árboles presentes (no hay perturbación de suelo que generan las pérdidas importantes de COS). Las emisiones anuales de COS por deforestación ascienden a 530,172 tCO₂/año entre 2001-2011 y baja a 329,235 tCO₂/año entre 2011-2018.

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

Tabla 42. Cálculo de emisiones de COS por deforestación durante los períodos 2001–2011 y 2011–2018 para TF→NB-SA.

(Disponible en NRF Anual con COS.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/NRF%20Anual%20con%20COS.xlsx>)

Tipo de Bosque	Clase de suelo IPCC	Defor 2001-2011 SA (ha)	Defor 2011-2018 SA (ha)	COS de Ref (tCO ₂ /ha)	$F_i * F_{lu} * F_{mg}$	Emisiones 2001-2011 (tCO ₂)	Emisiones 2011-2018 (tCO ₂)
Bosque Latifoliado Natural	HAC	11,243	4,694	146.7	0.75	410,788	171,514
	LAC	53,127	19,562	139.3	0.75	1,844,092	679,023
	ORG	714	132	249.3	0.75	44,343	8,175
	VOL	29,011	12,978	256.7	0.75	1,854,956	829,808
	N.I.	518	136	178.2	0.75	23,017	6,020
Bosque Conífera Natural	LAC	730	387	161.3	0.76	27,770	14,720
	VOL	-	88	352.0	0.76	-	7,284
	N.I.	1,173	156	238.3	0.76	65,907	8,743
Bosque de Galería	HAC	80	4	187.0	0.75	3,716	186
	LAC	52	60	139.3	0.75	1,800	2,077
	ORG	4	4	249.3	0.75	248	248
	VOL	40	4	256.7	0.75	2,550	255
Bosque Salado	HAC	255	112	146.7	0.75	9,326	4,080
	LAC	80	144	139.3	0.75	2,769	4,984
	ORG	993	419	1,727.0	0.61	673,635	284,063
	VOL	120	80	256.7	0.75	7,650	5,100
	N.I.	315	132	178.2	0.75	13,987	5,843
Bosque Latifoliado Plantado	HAC	104	187	146.7	0.75	3,789	6,849
	LAC	223	267	139.3	0.75	7,752	9,275
	VOL	211	-	256.7	0.75	13,516	-
Cultivo de Café	HAC	1,228	937	146.7	0.75	44,882	34,244
	LAC	989	1,847	139.3	0.75	34,332	64,095
	VOL	3,410	2,489	256.7	0.75	218,035	159,127
	N.I.	72	-	178.2	0.75	3,187	-
Total		104,719	44,832			5,312,045	2,305,712

Aumento de existencias de carbono forestal en tierras convertidas en tierras forestales.

El promedio de remociones históricas por la subcategoría “aumento de polígonos de bosques existentes” se ha calculado como la sumatoria de las remociones totales dividido por el número de años comprendido en los dos períodos de referencia.

En el Anexo 2, se presenta los porcentajes que conforman los reservorios de carbono en los tipos de bosque y estado de degradación. La remoción anual histórica de carbono de la subcategoría es de -410,706 tCO₂ para el período de 2001–2011 y de -448,325 tCO₂ entre 2011-2018 (Tabla 43). Las remociones anuales en de la subcategoría “bosques secundarios y plantaciones nuevas” se presentan en la Figura 11.

Tabla 43. Remociones en biomasa por reforestación durante los períodos de 2001–2011 y 2011–2018 para las categorías de NB-CA→TF y NB-SA→TF.
(Disponible en NRF Anual con COS.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/NRF%20Anual%20con%20COS.xlsx>)

Reforestación		Remociones			
Tipo de Bosque	Estado Final	2001–2011 CA (tCO ₂)	2001–2011 SA (tCO ₂)	2011– 2018 CA (tCO ₂)	2011–2018 SA (tCO ₂)
Bosque latifoliado natural	Int	-100,557	-1,146,422	-129,564	-552,586
	Deg	-131,435	-1,620,658	-231,729	-1,351,558
	Muy Deg	-39,702	-498,586	-39,444	-383,745
	Extr Deg	-672	-21,053	-168	-766
	ZB	-34,823	-137,347	-21,430	-129,091
Bosque de Conífera Natural	Int	0	-31,662	-1,346	-4,523
	Deg	-12,902	-57,127	-1,613	-25,175
	Muy Deg	-1,710	-21,115	-3,230	-34,136
	Extr Deg	-581	-10,752	0	0
	ZB	0	-6,852	0	0
Bosque de Galería	Int	-1,289	-4,297	-5,157	-5,156
	Deg	-2,748	-18,837	0	-673
	Muy Deg	0	-945	0	0
	ZB	-1,071	-18,763	-1,071	-3,002

Reforestación		Remociones			
Tipo de Bosque	Estado Final	2001–2011 CA (tCO2)	2001–2011 SA (tCO2)	2011– 2018 CA (tCO2)	2011–2018 SA (tCO2)
Bosque Salado	Int	-2,368	-17,788	-4,737	-41,929
	Deg	-1,972	-60,052	-6,902	-77,210
	Muy Deg	0	-876	0	-3,503
	ZB	-996	-1,082	0	0
Cultivo de Café	Int	-3,272	-23,659	-2,182	-10,515
	Deg	-2,855	-46,858	-5,234	-38,465
	Muy Deg	-515	-15,388	-772	-13,946
	Extr Deg	-257	-7,213	0	-3,847
	ZB	0	0	-2,054	-1,817
Total		-339,726	-3,767,333	-456,632	-2,681,642
Anual		-33,973	-376,733	-65,233	-383,092

Para el cálculo de remociones en vegetación secundaria se aplicó un factor de remoción por defecto que se aplica por 20 años a partir de 2001 y, el incremento anual, se calcula para la superficie de cada cohorte en cada año. Esta superficie en cada cohorte puede cambiar por la deforestación y degradación con VegSec 2001-2011 y, plantaciones nuevas observada durante el análisis de 2018, por lo que se observa una disminución de remoción anual en VegSec 2001-2011, a partir de 2012 (Figura 11).

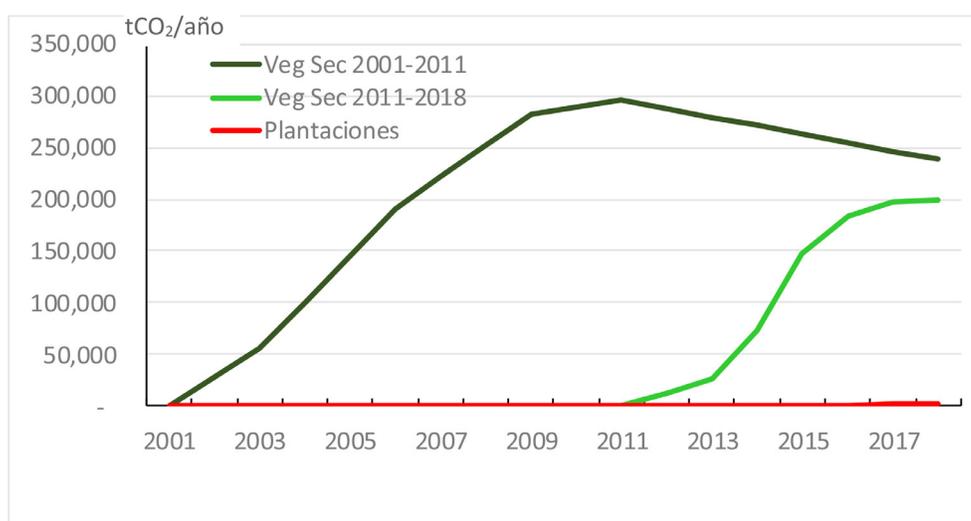


Figura 11. Remociones anuales de CO₂ en vegetación secundaria, establecidas en el período de 2001-2011 (Veg Sec 2001-2011), en el período de 2011-2018 (Veg Sec 2011-2018) y en plantaciones nuevas, establecidas entre 2001-2018.

(Disponible en Veg Secundaria.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Veg%20Secundaria.xlsx>)

Emisiones por degradación forestal y aumento de existencias de carbono forestal en bosques que permanecen como bosques.

La estimación del promedio de emisiones y remociones históricas en tierras que permanecen como bosques considera la biomasa aérea en árboles con DAP > 10 cm y el área de cambio en cobertura de copas en bosques naturales entre estados de degradación y recuperación, mientras la biomasa en bosques estables no cambia en el tiempo.

Las emisiones promedio anuales se estiman dividiendo la suma de emisiones en bosques naturales, por el número de años comprendido en los dos períodos de referencia.

La emisión histórica por degradación es de 750,879 tCO₂ para el período entre 2001–2011 y 174,422 tCO₂ entre 2011–2018 (Tabla 44).

La remoción histórica por recuperación de cobertura de bosques es de -279,154 tCO₂ para el período entre 2001–2011 y de -1,059,981 tCO₂ entre 2011–2018 (Tabla 45).

Las remociones por recuperación en bosques secundarios y plantaciones están consideradas en las tasas de acumulación anual, para evitar doble conteo.

Tabla 44. Emisiones de CO₂ por degradación de bosques en los períodos entre 2001–2011 y 2011–2018.

(Disponible en NRF Anual con COS.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/NRF%20Anual%20con%20COS.xlsx>)

Degradación		Emisiones		
Tipo de Bosque	Estado Inicial	Estado final	2001–2011 (tCO ₂)	2011–2018 (tCO ₂)
Bosque Latifoliado Natural	Int	Deg	2,418,332	523,316
	Int	Muy Deg	614,472	109,457
	Int	Extr Deg	23,196	5,734
	Deg	Muy Deg	639,403	113,507
	Deg	Extr Deg	11,052	7,177
	Muy Deg	Extr Deg	4,796	-

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

Degradación		Emisiones		
Tipo de Bosque	Estado Inicial	Estado final	2001–2011 (tCO2)	2011–2018 (tCO2)
Bosque de Conífera Natural	Int	Deg	224,948	26,219
	Int	Muy Deg	121,319	14,582
	Deg	Muy Deg	364,943	27,734
	Deg	Extr Deg	10,124	-
Bosque de Galería	Int	Deg	17,916	1,639
	Int	Muy Deg	4,288	-
	Deg	Muy Deg	12,457	2,962
	Deg	Extr Deg	-	1,866
	Muy Deg	Extr Deg	1,636	-
Bosque Salado	Int	Deg	95,529	34,966
	Int	Muy Deg	54,088	-
	Deg	Muy Deg	56,451	13,548
	Deg	Extr Deg	10,192	-
Bosque Latifoliado Plantado	Int	Deg	18,475	6,433
	Int	Muy Deg	25,692	7,217
	Int	Extr Deg	10,310	-
	Deg	Muy Deg	19,135	-
	Muy Deg	Extr Deg	-	3,959
Cultivo de Café	Int	Deg	1,586,730	193,749
	Int	Muy Deg	435,771	10,938
	Int	Extr Deg	26,251	10,938
	Deg	Muy Deg	633,090	63,282
	Deg	Extr Deg	68,192	4,546
	Muy Deg	Extr Deg	-	-
Bosque Secundario 2011	Int	Deg	-	20,944
	Int	Muy Deg	-	2,377
	Deg	Muy Deg	-	13,867
Total			7,508,786	1,220,956
Anual			750,879	174,422

Tabla 45. Remociones de CO₂ por recuperación de cobertura de bosques que se mantienen como bosques para los períodos entre 2001–2011 y 2011–2018.

(Disponible en NRF Anual con COS.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/NRF%20Anual%20con%20COS.xlsx>)

Recuperación		Remociones		
B IPCC	Estado Inicial	Estado final	2001-2011 (tCO ₂)	2011-2018 (tCO ₂)
Bosque Latifoliado Natural	Deg	Int	-1,452,498	-2,564,355
	Muy Deg	Int	-102,106	-275,277
	Muy Deg	Deg	-322,489	-742,282
	Extr Deg	Int	-47,435	-15,117
	Extr Deg	Deg	-44,064	-4,306
	Extr Deg	Muy Deg	-12,412	-5,868
Bosque de Conífera Natural	Deg	Int	-79,393	-245,531
	Muy Deg	Int	-29,163	0
	Muy Deg	Deg	-24,014	-374,751
	Extr Deg	Int	-32,500	0
	Extr Deg	Deg	-30,371	0
	Extr Deg	Muy Deg	-5,672	0
Bosque de Galería	Deg	Int	-10,422	-18,970
	Muy Deg	Int	0	-2,042
	Muy Deg	Deg	-5,924	-8,363
	Extr Deg	Muy Deg	-846	-2,257
Bosque Salado	Deg	Int	-34,570	-43,146
	Muy Deg	Int	-16,817	0
	Muy Deg	Deg	-16,129	-80,644
	Extr Deg	Deg	0	-10,192
	Extr Deg	Muy Deg	0	-2,128
Cultivo de Café	Deg	Int	-344,519	-1,920,158
	Muy Deg	Int	-32,814	-303,639

Recuperación		Remociones		
B IPCC	Estado Inicial	Estado final	2001-2011 (tCO2)	2011-2018 (tCO2)
	Muy Deg	Deg	-123,472	-733,377
	Extr Deg	Int	-4,813	0
	Extr Deg	Deg	-19,094	-67,464
	Extr Deg	Muy Deg	0	0
Total			-2,791,537	-7,419,867
Anual			-279,154	-1,059,981

En resumen, tal como se observó en cuanto a las tenencias en los datos de actividad, hay una disminución en el promedio anual de las emisiones de biomasa por deforestación y degradación y, un aumento en el promedio anual en las remociones por reforestación (aumento en los polígonos forestales y remoción anual en vegetación secundaria) y, recuperación de cobertura entre 2001-2011 y 2011-2018 (Tabla 46).

Tabla 46. Promedio de emisiones/remociones de cada actividad y período de análisis (Disponible en NRF Anual con COS.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/NRF%20Anual%20con%20COS.xlsx>)

Actividad	Tasa Anual (tCO2/año)		Fuente	Dirección
	2001–2011	2011–2018		
Deforestación	2,255,442	1,374,015	Emisiones	↓
Degradación	750,879	174,422		
Reforestación	-410,706	-448,325	Remociones	↑
Veg Secundaria	-187,104	-384,149		
Recuperación	-279,154	-1,059,981		
Total	2,129,358	-344,018		↑

2.9. Emisiones/remociones anuales

Para estimar el nivel de referencia anual para la deforestación y reforestación, se utilizaron como base la deforestación y reforestación anual estimado en el estudio López-Melara (2020), asumiendo que las proporciones de deforestación y reforestación entre los tipos de bosque y estado de degradación no cambian, ya que corresponden en su mayor parte a Bosque Latifoliado Natural.

Es decir, se puede transformar las tasas de deforestación y reforestación periódico a tasas anuales, aplicando un factor de transformación a todo el período con los datos anuales de deforestación y reforestación, dado que la suma de deforestación y reforestación total eran casi igual, tomando en cuenta las diferencias en las definiciones de bosque utilizado en el estudio de López-Melara (2020) y este documento.

En el estudio de López-Melara (2020) no se incluye deforestación y reforestación en Bosques de Galería y Cultivo de Café, por lo que las tasas totales para los períodos 2011-2011 y 2011-2018 solo coinciden con las tasas anualizadas para los dos períodos si no se toma en cuenta la deforestación en estos dos tipos de bosques.

Por lo anterior se ajustaron las tasas anuales de deforestación y reforestación proporcionalmente utilizando las diferencias en las tasas de deforestación y reforestación total entre 2011-2018:

$$Def_{corr} = Def_{anual} * 192,585 / 178,324$$

$$Ref_{corr} = Ref_{anual} * 119,093 / 154,072 \text{ (sin Vegetación Secundaria);}$$

Suma de deforestación anual (sin Cultivo de Café y Bosque de Galería): 178,324 ha;

Suma de deforestación en de dos períodos analizados (con Cultivo de Café y Bosque de Galería): 192,585 ha. Contribución de áreas con Cultivo de Café y Bosque de Galería a la deforestación es menos de 10 % del total.

Suma de reforestación anual: 154,072 ha;

Suma de reforestación en los dos períodos: 151,633 ha (119,093 ha sin Veg. Sec.). Contribución de áreas con Cultivo de Café y Bosque de Galería a la reforestación es menos de 5 % del total. La transformación aplicada a las emisiones/remociones periódicas a emisiones/remociones anuales se presenta en la Tabla 47.

Para la estimación de remociones por reforestación se aplicaron la transformación de los datos periódicos a datos anuales solo a la remoción por la subcategoría Reforestación por aumento de polígonos de bosques, ya que para la subcategoría de Vegetación Secundaria y Plantaciones nuevas ya se dividieron los datos de actividad en cohortes de acuerdo al estado de la cobertura de dosel al final del período de análisis para estimar las remociones.

Tabla 47. Las tasas anuales de deforestación y reforestación del estudio y la transformación aplicada a las tasas totales periódicas, sin tomar en cuenta la reforestación de Vegetación Secundaria.

(Disponible en NRF Anual con COS.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/NRF%20Anual%20con%20COS.xlsx>)

Año	Tasa de deforestación estudio (Ha/año)	Tasa de Deforestación anualizada (Ha/año)	Tasa de reforestación (ha/año)	Tasa de Reforestación anualizada (Ha/año)
2002	7,104	7,672	72	56
2003	18,676	20,170	944	730
2004	10,896	11,767	2,000	1,546
2005	13,300	14,364	4,748	3,670
2006	14,656	15,828	4,524	3,497
2007	8,436	9,111	9,432	7,291
2008	9,708	10,484	15,900	12,290
2009	15,588	16,835	26,932	20,818
2010	13,256	14,316	7,020	5,426
2011	8,160	8,813	15,180	11,734
2012	9,404	10,156	896	693
2013	8,644	9,335	2,380	1,840
2014	8,980	9,698	5,752	4,446
2015	7,844	8,471	11,876	9,180
2016	8,532	9,214	17,956	13,879
2017	9,764	10,545	22,224	17,178
2018	5,376	5,806	6,236	4,820
Total	178,324	192,585	154,072	119,094

Para el nivel de referencia anual de degradación y recuperación no se cuenta con datos anualizados, por lo que se usan los promedios de cada período.

En la Tabla 48 y Figura 12 se muestran las emisiones y remociones anuales de 2001-2018 de todas las actividades que se tomaron en cuenta en las estimaciones.

Tabla 48. Emisiones y remociones de CO₂ anuales de las actividades analizadas para el período de 2001-2018 para El Salvador.
(Disponible en NRF Anual con COS.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/NRF%20Anual%20con%20COS.xlsx>)

Año	Emisiones Biomasa Deforestación (tCO ₂ /año)	Emisiones COS deforestación (tCO ₂ /año)	Remociones Reforestación Polígonos de Bosques (tCO ₂ /año)	Remociones Reforestación Veg. Sec. y Plant. Nuevas (tCO ₂ /año)	Remociones COS Reforestación (tCO ₂ /año)	Emisiones Degradación (tCO ₂ /año)	Remociones Recuperación (tCO ₂ /año)	NRF anual (tCO ₂ /año)
2002	1,300,200	309,575	-3,014	-28,259	-249	750,879	-279,154	2,050,116
2003	3,418,150	813,855	-39,513	-56,518	-3,510	750,879	-279,154	4,604,549
2004	1,994,226	474,822	-83,714	-101,647	-10,420	750,879	-279,154	2,745,202
2005	2,434,215	579,582	-198,737	-146,775	-26,824	750,879	-279,154	3,113,443
2006	2,682,395	638,673	-189,361	-191,904	-42,454	750,879	-279,154	3,369,357
2007	1,543,988	367,621	-394,794	-222,514	-75,041	750,879	-279,154	1,691,147
2008	1,776,794	423,051	-665,525	-253,123	-129,974	750,879	-279,154	1,623,136
2009	2,852,973	679,288	-1,127,290	-283,733	-223,021	750,879	-279,154	2,370,242
2010	2,426,162	577,665	-293,835	-290,099	-247,275	750,879	-279,154	2,644,597
2011	1,493,473	355,593	-635,388	-296,466	-299,720	750,879	-279,154	1,089,374
2012	1,721,154	409,804	-37,504	-301,722	-302,816	174,422	-1,059,981	603,539
2013	1,582,056	376,685	-99,619	-307,303	-311,039	174,422	-1,059,981	355,388
2014	1,643,552	391,327	-240,761	-344,859	-330,911	174,422	-1,059,981	232,963
2015	1,435,638	341,823	-497,092	-410,888	-371,942	174,422	-1,059,981	-387,869
2016	1,561,558	371,804	-751,582	-439,695	-433,978	174,422	-1,059,981	-577,288
2017	1,787,043	425,492	-930,228	-445,311	-510,760	174,422	-1,059,981	-559,134
2018	983,935	234,273	-261,020	-439,268	-532,305	174,422	-1,059,981	-899,839
Total	32,637,510	7,770,933	-6,448,975	-4,560,084	-3,852,240	8,729,742	-10,211,403	24,068,924

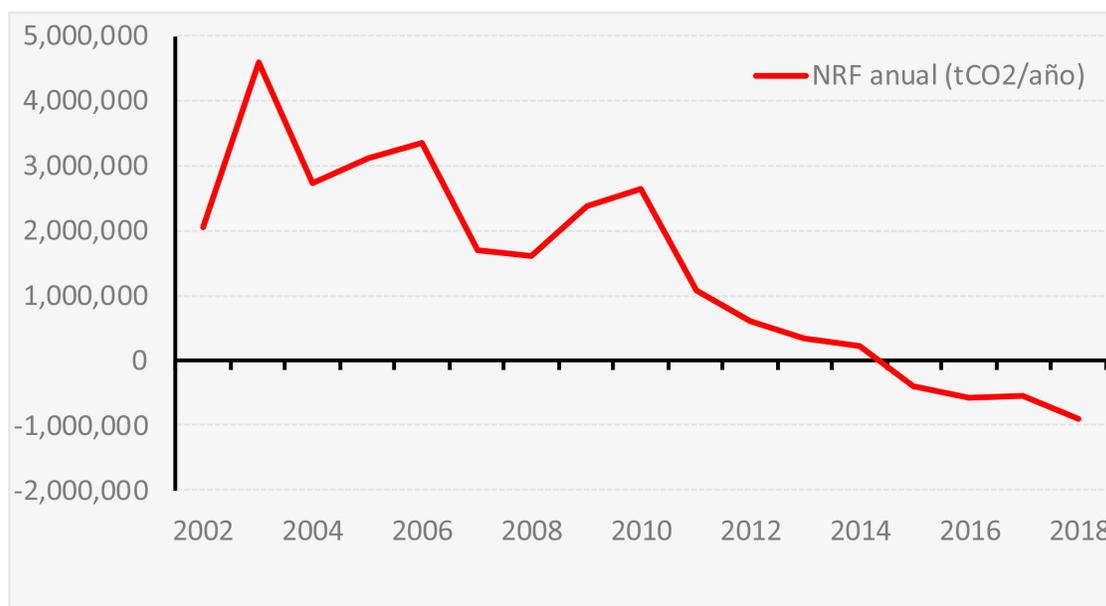


Figura 12. Tendencia en el total de emisiones/remociones anuales (en tCO₂/año) entre 2001-2018 para El Salvador, incluyendo emisiones de COS por deforestación y remociones de COS por reforestación.

(Disponible en NRF Anual con COS.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/NRF%20Anual%20con%20COS.xlsx>)

Se nota una reducción de emisiones durante todo el período de análisis entre 2001 y 2018, con altos a bajos durante el período de 2001-2011, pero a partir de 2012 la reducción de emisiones es más constante, convirtiendo el país en un sumidero neto a partir del año 2015. Las tendencias de reducción de emisiones y aumento en las remociones del último período coinciden con los esfuerzos del país con la política de restauración.

Período de Referencia

A partir de análisis de todos los datos de actividad y factores de emisión, es importante establecer el período de referencia que el país requiere para poder analizar los posibles impactos de las políticas y programas dirigidas hacia la reducción de emisiones, particularmente los esfuerzos encaminados hacia la restauración de más de un millón de hectáreas, establecida como meta en la estrategia ENMbA para 2030, para el cual el MARN ha desarrollado su Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes-PREP (MARN, 2012) y el Plan de Acción de Restauración 2018-2022 y la estrategia Nacional REDD+.

La contribución prevista y determinada a nivel nacional de El Salvador (NDC, MARN 2015) establece que La Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola (2015), y sus planes de implementación asociados, como el Plan de Agricultura Familiar, serán actualizados cada cinco años.

La Estrategia 2015 y todas las ulteriores establecerán un apartado específico de elaboración e implementación de contribuciones nacionalmente determinadas, con los recursos disponibles y necesidades adicionales para su plena ejecución, a reflejarse en su planes concretos de acción, contemplando como mínimo: áreas definidas del territorio nacional en donde serán ejecutadas, de acuerdo a prioridades nacionales, incluyendo el establecimiento de metas cuantificables de transformación de la agricultura tradicional a agricultura sostenible, identificando los recursos necesarios para ello, así como, la estimación de la reducción de emisiones de GEI asociadas. Esta transformación comprenderá, entre otros elementos, el desarrollo y difusión de la agroforestería y la progresiva e irreversible reducción del uso de agro-químicos.

Para 2030, El Salvador establecerá y manejará un millón de hectáreas a través de "Paisajes Sostenibles y Resilientes al Cambio Climático". Se trata de un abordaje integral de restauración de paisajes, donde se rehabilitarán y conservarán las zonas boscosas, se establecerán corredores biológicos mediante la adopción de sistemas agroforestales resilientes y transformación de las zonas agrícolas con prácticas sostenibles bajas en carbono, y buscando la Neutralidad en la Degradación de las Tierras.

En este marco, se conservará la cobertura arbórea actual, manteniendo las áreas naturales, incluido los manglares, los sistemas agroforestales y las plantaciones forestales existentes. Además, se mejorarán las reservas forestales de carbono, incrementando la cobertura en 25 % del territorio, con sistemas agroforestales y actividades de reforestación en áreas críticas, como bosques de galería, zonas de recarga acuífera, y zonas propensas a deslizamiento.

El Salvador presentará antes de la COP 23 un plan de diversificación de la agricultura y la actividad económica para la zona oriental del país, a implementarse en el período 2018–2025, para impulsar su resiliencia a los efectos adversos del cambio climático y orientar su desarrollo bajo en carbono. Para el cumplimiento de sus metas se establecerán los necesarios medios de implementación que estuvieran fuera del alcance de las finanzas nacionales.

Los medios de implementación se refieren a los instrumentos y mecanismos de apoyo necesarios para alcanzar la aspiración del país y contribuir a las prioridades de adaptación y de mitigación acorde a los compromisos que establezca el acuerdo global 2015.

Por ello, el país ha decidido definir el año 2016 como inicio de evaluación periódica de los impactos de los programas en la reducción de GEI en el marco de NDC y otros compromisos institucionales (p. ej. MAG 2015) y un período de 10 años de validez (2016-2025).

El Salvador quiere tomar como referencia histórica, un periodo no tan largo que representa la dinámica de uso de suelo reciente sin los efectos importantes de la creciente migración a las ciudades e inmigración hacia Estados Unidos y México, con sus efectos de las remesas, ya que esta tendencia de la urbanización e inmigración se puede revertir en períodos de crisis económicos, tales como se espera por el problema de COVID19. El empleo del país es muy inestable y se contempla un regreso a las zonas rurales importantes en períodos de crisis, que impacta particularmente en un aumento en la deforestación de la vegetación secundaria y bosques degradados.

Tomando en cuenta la crisis económica generado por COVID-19, el país considera muy riesgoso proponer una tendencia de emisiones hacia la baja, tal como se observa en la Figura 12, ya que se espera un aumento en la deforestación y degradación, si el gobierno no amplía sus programas de conservación y restauración, dentro la política ambiental. Se toma como referencia histórica un período de 10 años (2006-2015), ya que generalmente, se recomienda usar este periodo de 10 años para el escenario de referencia histórica, ver p.ej. FCPF.

Por lo anterior, se toma como referencia para el NRF el promedio de las emisiones por la deforestación y degradación de bosques y remociones por la reforestación y recuperación de bosques generados entre 2006 y 2015 (Figura 13). El nivel de emisiones promedio de este período incluyendo el CO₂ de COS es de 1,359,188 tCO₂-eq / año y sin COS 1,136,454 tCO₂-eq / año.

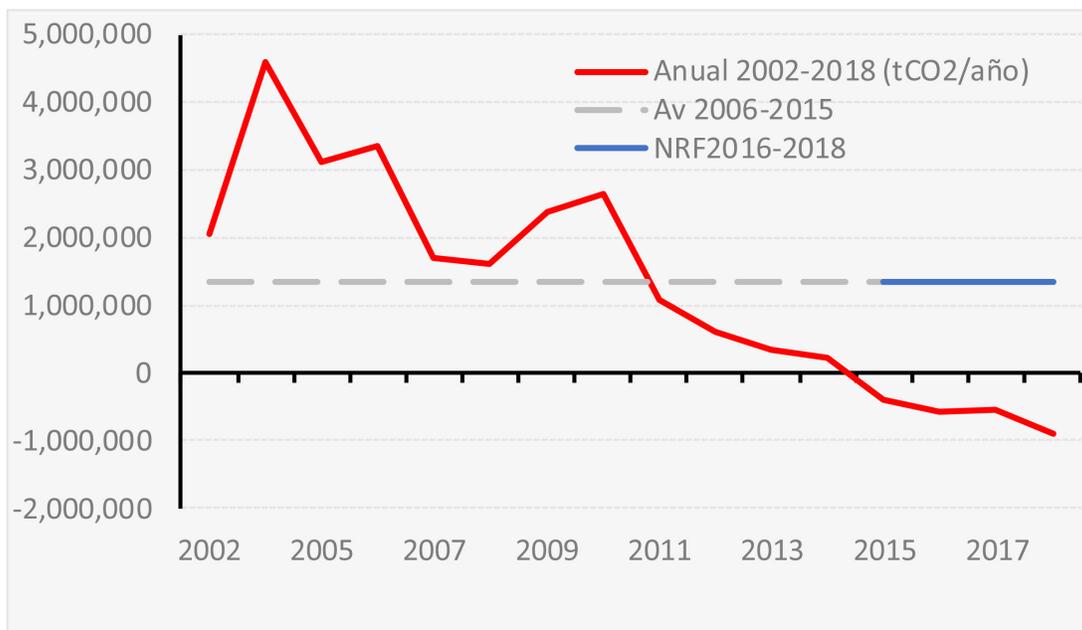


Figura 13. Tendencia en el total de emisiones/remociones anuales (en tCO₂/año) entre 2001–2018, promedio de emisiones del periodo histórico de 2006–2015 y diferencia entre NRF2016–2018 y emisiones anuales 2016–2018.

(Disponible en Incertidumbre NRF 90CI-AnualFinal.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Incertidumbre%20NRF%2090CI-AnualFinal.xlsm>).

Esto implica que el país ha generado reducciones de emisiones entre 2016 y 2018 en promedio anual de 2,030,507 tCO₂-eq / año, incluyendo COS y 1'666,716 sin tomar en cuenta la reducción de emisiones del COS (ver NRF Anual con COS.xlsx).

Análisis de incertidumbre

La incertidumbre de la estimación para el Nivel de Referencia de emisiones y remociones forestales (NRF), se cuantifica utilizando una combinación de propagación de error en cálculos simples y el método de Montecarlo para el conjunto de estimaciones de emisiones y remociones.

Las fuentes de errores de los niveles de referencia de deforestación, degradación y mejora de las reservas de carbono se calculan por separado y se combinan en una sola estimación de incertidumbre y se informa al nivel de confianza de 90 % de dos colas. Las dos fuentes de incertidumbre son los errores relacionados con los datos de actividad y los factores de emisión o remoción.

4.1. Datos de Actividad

Los datos de actividad utilizados en el cálculo del NRF son estimados a partir de los Datos de Referencia, obtenidos mediante la evaluación visual del uso del suelo en imágenes de alta resolución, sobre una malla sistemática de 1 x 1 km (21103 unidades de muestreo), cada unidad con 25 puntos para la evaluación visual establecidos en una malla de 5 * 5 puntos abarcando una superficie de 0.49 has (70*70 m). Se realizó un muestreo sistemático para garantizar la distribución homogénea de la muestra de unidades entre todas las categorías de cambio.

Para el análisis de incertidumbre en los datos de actividad se toma como fuente de incertidumbre la variación de cambios observados a nivel de punto de evaluación. Para deforestación se calcula la variación de puntos que cambian a NB (TF→NB) y para la reforestación la variación de puntos que cambian a TF (NB→TF). Para degradación y recuperación de bosques que permanezcan como bosque se toma como fuente de incertidumbre el número de puntos que cambia de categoría de cobertura de dosel.

Las fuentes de incertidumbre en la evaluación visual de la malla sistemática están asociadas a: i. Tamaño de la muestra (densidad de la malla sistemática), ii. Interpretación de la cobertura; y iii. Calidad de las imágenes disponibles para evaluar la cobertura.

- i. **Tamaño de la muestra:** el muestreo fue una malla sistemática de 21,103 muestras con una distancia de 1 * 1 km y un tamaño de muestra de 0.49 has, representando aproximadamente 0.5 % de la superficie total del país ($21103 \cdot 0.49 / 2104100$), con un total de $21103 \cdot 25$ puntos interpretados para los años 2001, 2011 y 2018. La variación de puntos que cambian de bosque a no-bosque y viceversa varía más que la proporción de bosque que cambia de cobertura, por lo que se espera en el análisis de Monte Carlo que la variación en el área total para deforestación y reforestación va a ser más alto que la variación en el área de degradación y recuperación. Cada clase de actividad tiene más de 10 transiciones reportados en cada período de análisis. Esto implica que el porcentaje de error en la estimación de superficie puede variar entre subcategorías de transiciones.

ii. **Interpretación de la cobertura:** con el fin de garantizar la calidad de los datos en la interpretación de parcelas de la cobertura y/o uso del suelo desarrollada en la consultoría “Análisis de cambios anuales en la cobertura arbórea y otros usos del suelo en El Salvador usando la herramienta de *Collect Earth Online* (CEO), a partir de muestreo por teledetección con imágenes satelitales de alta y mediana resolución”; se desarrolló una metodología de control y evaluación de calidad de la interpretación realizada para cada año (2001, 2011 y 2018). Con el propósito de garantizar la calidad de los datos generados durante la interpretación, se desarrollaron jornadas de capacitación intensivas en el formato teórico-práctico sobre experiencias desarrolladas en la implementación de estos estudios, metodologías y protocolos, con énfasis en la interpretación visual y de campo de los diversos patrones espaciales de los objetos, para la identificación de coberturas y usos de suelo, preparación de la información a ser utilizada durante el desarrollo del estudio, generación de proyectos en las diversas plataformas a utilizar (*Collect Earth online y desktop*, ArcGis, QGis), y vaciado de información y generación de resultados. En el marco de la capacitación, es importante mencionar que los intérpretes no empezaron a realizar el trabajo de interpretación media vez no tengan claro cada uno de los criterios de interpretación implementados durante el desarrollo de las capacitaciones.

Para el desarrollo de la evaluación de la exactitud en función de bosque y no bosque y por transición, como primer paso se establecieron tres (3) transiciones: 2001 – 2011, 2011 – 2018 y 2001 – 2018.

Posteriormente, se elaboró una hoja de cálculo en Excel, que permite la introducción de los resultados por transición de cada uno de los intérpretes y el procesamiento de los mismos (Figura 14, 15, 16); en ese sentido, se obtiene un porcentaje de exactitud en función de bosque y no bosque y por transición para cada una de las transiciones.

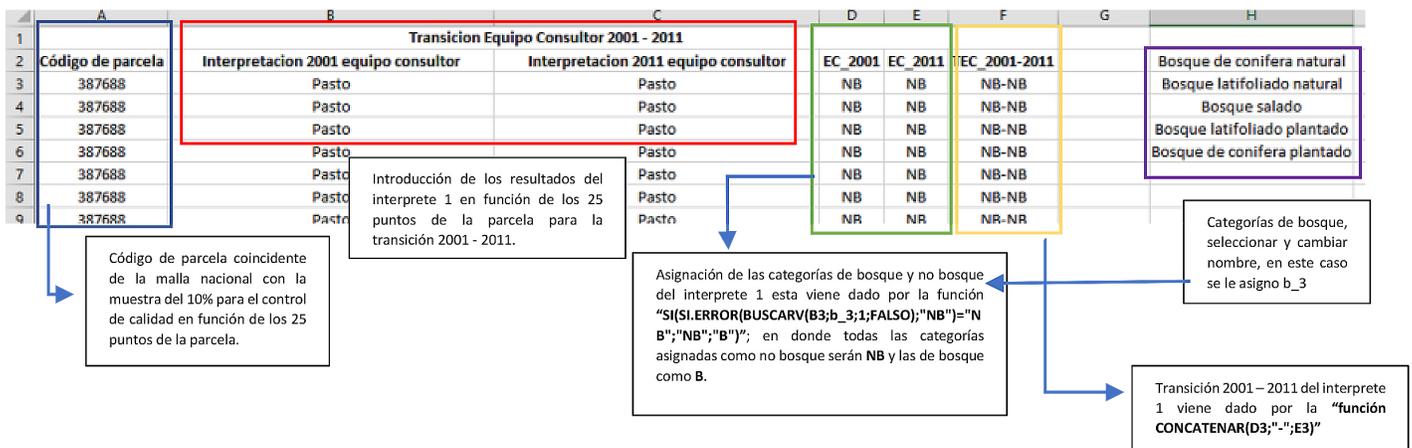


Figura 14. Plantilla para la evaluación de la exactitud en función de bosque y no bosque por transición (Disponible en Metodología para la evaluación y control de calidad.doc <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Metodologia%20para%20la%20evaluacion%20y%20control%20de%20calidad.pdf>)

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

Este mismo proceso se realizó para el desarrollo de la transición del interprete 2, utilizando la misma plantilla.

Una vez se tengan los resultados de las transiciones de ambos interpretes se realiza la coincidencia para la estimación de la exactitud (Figura 15).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Equipo Consultor			Equipo REDD			Coincidencia TEC - TER		Etiquetas de fila	Cuenta de Coincidencia TEC - TER
2	EC_2001	EC_2018	TEC_2001-2018	ER_2001	ER_2018	TER_2001-2018			Coincidencia	42274
3	NB	NB	NB-NB	NB	NB	NB-NB		1	No coincidencia	10529
4	NB	NB	NB-NB	NB	NB	NB-NB		1	Total general	52800
5	NB	NB	NB-NB	NB	NB	NB-NB		1		
6	NB	NB	NB-NB	NB	NB	NB-NB		1	Porcentaje de exactitud	80.06
7								1		
8								1		

Introducción de los resultados de ambos interpretes en función de los 25 puntos de la parcela para la transición 2001 - 2011 obtenidos de la plantilla anterior

Coincidencia de ambas interpretaciones en función de los 25 puntos de la parcela; esta viene dado por la función "COINCIDIR(C3;F3;0)" para la transición 2001 - 2011

Resultados de la evaluación que mediante a tabla dinámica se contabilizan las coincidencias y no coincidencias de ambas interpretaciones de la cual se obtiene el porcentaje de exactitud final.

Figura 15. Plantilla para la evaluación de la exactitud en función de bosque y no bosque por transición (Disponible en Metodología para la evaluación y control de calidad.doc <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Metodologia%20para%20la%20evaluacion%20y%20control%20de%20calidad.pdf>)

Para el desarrollo de la evaluación de la exactitud en función de las categorías de bosque y no bosque para cada uno de los años (2001, 2011, 2018), se elaboró una hoja de cálculo en Excel, que permite la introducción de los resultados y el procesamiento de los mismos (Figura 16); en ese sentido, se obtiene un porcentaje de exactitud, en función de todas las categorías de bosque y no bosque, para el desarrollo del estudio.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Código de parcela	Evaluación por bosque y no bosque 2011		EC_2011	ER_2011				Equipo Consultor	Equipo REDD	Coincidencia EC - ER		Etiquetas de fila	Cuenta de Coincidencia EC	%
2		Interpretación 2011 equipo consultor	Interpretación 2011 equipo REDD						EC_2011	ER_2011			Coincidencia	48,198	93.28
3	387688	Pasto	Pasto	NB	NB	Bosque de conifera natural			NB	NB	1		No coincidencia	4,604	8.72
4	387688	Pasto	Pasto	NB	NB	Bosque latifoliado natural			NB	NB	1		Total general	52,800	100
5	387688	Pasto	Pasto	NB	NB	Bosque salado			NB	NB	1				
6	387688	Pasto	Pasto	NB	NB	Bosque latifoliado plantado			NB	NB	1		Porcentaje de exactitud	91.28	
7	387688	Pasto	Pasto	NB	NB	Bosque de conifera plantado			NB	NB	1				
8	387688	Pasto	Pasto	NB	NB				NB	NB	1				
9	387688	Pasto	Pasto	NB	NB				NB	NB	1				
10	387688	Pasto	Pasto	NB	NB				NB	NB	1				
11	387688	Pasto	Pasto	NB	NB				NB	NB	1				
12	387688	Pasto	Pasto	NB	NB				NB	NB	1				
13	387688	Pasto	Pasto	NB	NB				NB	NB	1				
14	387688	Pasto	Pasto	NB	NB				NB	NB	1				
15	387688	Pasto	Pasto	NB	NB				NB	NB	1				
16	387688	Pasto	Pasto	NB	NB				NB	NB	1				
17	387688	Pasto	Pasto	NB	NB				NB	NB	1				
18	387688	Pasto	Pasto	NB	NB				NB	NB	1				
19	387688	Pasto	Pasto	NB	NB				NB	NB	1				
20	387688	Pasto	Pasto	NB	NB				NB	NB	1				

Introducción de los resultados de interpretación de ambos interpretes en función de los 25 puntos de la parcela.

Categorías de bosque, seleccionar y cambiar nombre, en este caso se le asigno b_2

Coincidencia de ambas interpretaciones en función de los 25 puntos de la parcela; esta viene dado por la función "COINCIDIR(B3;C3;0)"

Resultados de la evaluación que mediante a tabla dinámica se contabilizan las coincidencias y no coincidencias de ambas interpretaciones de la cual se obtiene el porcentaje de exactitud final.

Código de parcela coincidente de la malla nacional con la muestra del 10% para el control de calidad en función de los 25 puntos de la parcela.

Asignación de las categorías de bosque y no bosque para ambas interpretaciones esta viene dado por la función "SI(SI.ERROR(BUSCARV(B3;b_2;1;FALSO);"NB")="NB";"NB";"B")"; en donde todas las categorías asignadas como no bosque serán NB y las de bosque como B.

Figura 16. Plantilla para la evaluación de la exactitud en función de bosque y no bosque (Disponible en Metodología para la evaluación y control de calidad.doc <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Metodologia%20para%20la%20evaluacion%20y%20control%20de%20calidad.pdf>)

Para el desarrollo de la evaluación de la exactitud en función de las categorías de copa y no copa para cada uno de los años (2001, 2011, 2018) se elaboró también una hoja de cálculo en Excel el cual permite la introducción de los resultados y el procesamiento de los mismos; en ese sentido se obtiene un porcentaje de exactitud en función de todas las categorías de copa y no copa para el desarrollo del estudio. En La Figura 17 un ejemplo del resultado para 2001, 2011 y 2018:

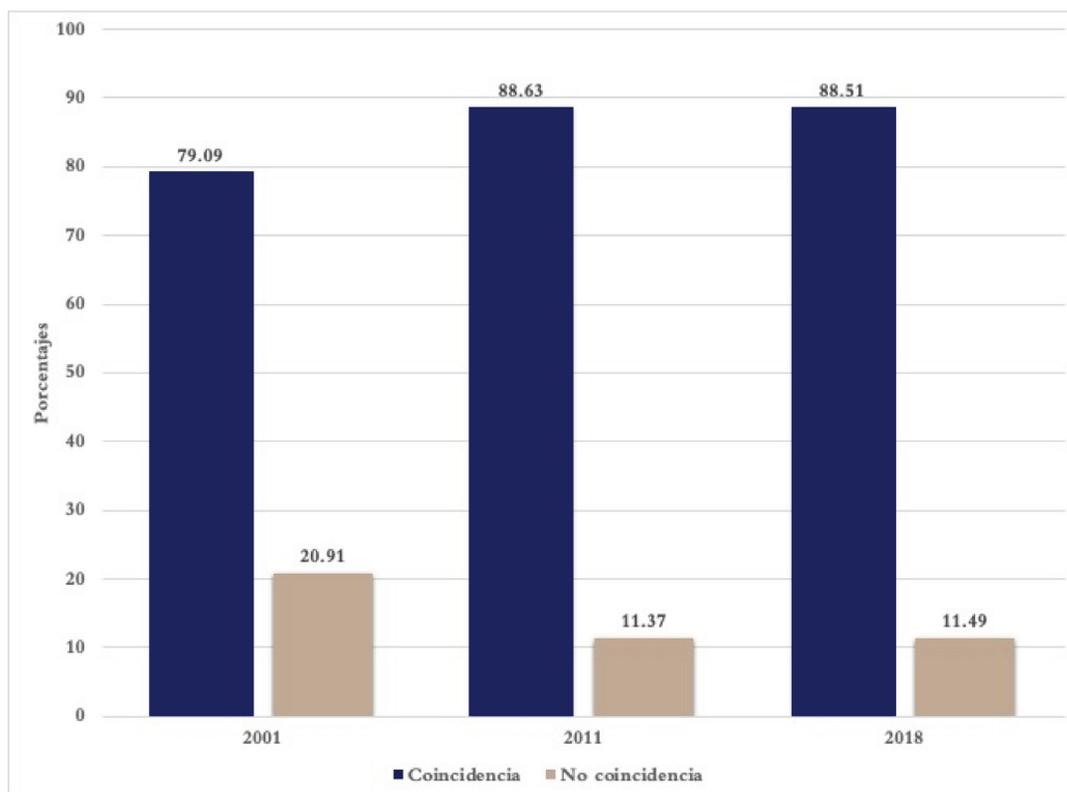


Figura 17. Porcentaje de coincidencia en la interpretación de Copa/No Copa, entre consultor y revisor para 2001, 2011 y 2018.

(Disponible en Metodología para la evaluación y control de calidad.doc <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Metodologia%20para%20la%20evaluacion%20y%20control%20de%20calidad.pdf>)

El sesgo de interpretación de Copa/No Copa fue más alto en 2001 (20 %) y disminuyó para 2011 y 2018 a <12 %. Esto tiene que ver con la calidad y resolución de imágenes de satélites que se usaron, ya que en 2001 no había imágenes de muy alta resolución.

El sesgo de la fotointerpretación del uso del suelo y la densidad de copas se controló mediante la homologación de criterios y el establecimiento de árboles de decisión para la evaluación visual de imágenes de alta y mediana resolución.

Para reducir la variabilidad entre foto-interpretadores se realizaron ejercicios de entrenamiento utilizando muestras comunes, hasta lograr la consistencia adecuada.

En cuanto a transiciones, en los resultados el número de casos para presencia/ausencia de árbol en el punto de análisis (Copa Si -> No -> Si, o No -> Si -> No; Tabla 49) y, con transiciones poco probables fueron relativamente bajos (tales como NB -> B -> NB, B -> NB -> B, Tabla 50).

2001	2011	2018	No puntos	%
No	No	No	227,888	43 %
No	No	Si	24,856	5 %
No	Si	No	7,552	1 %
No	Si	Si	38,707	7 %
Si	No	No	46,067	9 %
Si	No	Si	17,808	3 %
Si	Si	No	13,253	3 %
Si	Si	Si	150,157	29 %
Total general			526,288	

Tabla 49. Transiciones de puntos con presencia/ausencia de Copa para 2001, 2011 y 2018, en el punto de verificación con las transiciones poco probables en color rojo. (Disponible en Datos de Actividad.xlsx. Se excluyen puntos con copa no-clasificados. <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Datos%20de%20Actividad.xlsx>)

2001	2011	2018	No Puntos	%
B	B	B	178,295	34 %
B	B	NB	12,674	2 %
B	NB	B	4,147	1 %
B	NB	NB	27,286	5 %
NB	B	B	17,660	3 %
NB	B	NB	4,228	1 %
NB	NB	B	12,174	2 %
NB	NB	NB	271,111	51 %
Total general			527,575	

Tabla 50. Transiciones de puntos con Bosque (B) y No Bosque (NB) para 2001, 2011 y 2018, en los puntos de verificación con las transiciones poco probables en color rojo. (Disponible en Datos de Actividad.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Datos%20de%20Actividad.xlsx>)

Igual, las transiciones observadas en estados de degradación en las unidades con bosque no presentan números altos de transiciones poco a muy poco probables (Tabla 51).

Tabla 51. Frecuencia y porcentaje de unidades con transiciones en estados de degradación poco (en naranja) o muy poco (en rojo) probable entre 2001 – 2011 – 2018 del total de 7698 unidades que cambiaron entre 2001 y 2018. Se excluyen los puntos con transiciones probables a muy probables. (Disponible en Datos de Actividad.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Datos%20de%20Actividad.xlsx>).

Estado 2001	Estado 2011	Estado 2018	N	% de 7698 unidades
Int	Deg	Int	601	7.8 %
Int	Muy Deg	Int	23	0.3 %
Int	Muy Deg	Deg	94	1.2 %
Int	Extr Deg	Int	2	0.0 %
Deg	Int	Deg	104	1.4 %
Deg	Int	Muy Deg	9	0.1 %
Deg	Muy Deg	Int	44	0.6 %
Deg	Muy Deg	Deg	418	5.4 %
Deg	Extr Deg	Int	1	0.0 %
Deg	Extr Deg	Deg	12	0.2 %
Deg	Extr Deg	Muy Deg	16	0.2 %
Muy Deg	Int	Deg	4	0.1 %
Muy Deg	Int	Muy Deg	1	0.0 %
Muy Deg	Deg	Muy Deg	9	0.1 %
Extr Deg	Int	Deg	1	0.0 %
Extr Deg	Int	Muy Deg	1	0.0 %
Extr Deg	Deg	Muy Deg	2	0.0 %
Total				17.4 %

iii. Calidad de las imágenes disponibles: Durante el proceso de interpretación de las imágenes los foto-interpretadores anotaron la calidad de la información de la interpretación en 4 categorías, tanto para la interpretación de USO como de la COPA/NO COPA, de acuerdo a la dificultad que tenía el intérprete de definir el uso de suelo o cobertura de árbol:

1	0 – 25 %	La información es de muy mala calidad
2	26 – 50 %	La información es de calidad dudosa
3	51 – 75 %	La información es de calidad regular
4	76 – 100 %	La información es de buena calidad

En los seis ejercicios de interpretación, para más de 98 % de los puntos interpretados, la información es de buena calidad (>75 %; Tabla 52).

Tabla 52. Proporción de puntos en las 4 categorías de calidad de interpretación, que refleja la calidad de imágenes usados.

(Disponible en ClasificacionUnidades_puntos.xlsx http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/ClasificacionUnidades_puntos.xlsx)

Calidad	Uso2001	Copa2001	Uso2011	Copa 2011	Uso2018	Copa2018
0	0.1 %	0.1 %	0.1 %	0.1 %	0.1 %	0.0 %
26-50 %	0.0 %	0.1 %	0.1 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %
51-75 %	1.3 %	1.3 %	0.8 %	0.6 %	0.9 %	0.6 %
76-100 %	98.5 %	98.6 %	99.1 %	99.2 %	99.0 %	99.3 %
Total	100.0 %					

Como se puede observar, solo una proporción muy pequeña de las interpretaciones registran una calidad de muy mala a regular (0.7 a 1.5% en total). Dado que no había imágenes de muy alta resolución en 2001, el porcentaje de puntos con interpretación de muy mala a regular calidad era superior a los porcentajes de 2011 y 2018, con las imágenes con mayor resolución.

Otras fuentes de error que no fueron tomadas en cuenta en los cálculos de incertidumbre en los datos de actividad incluyen:

- Posibles errores en la asignación del año de deforestación y reforestación, que afecta principalmente la distribución anual de emisiones y remociones, pero no el total para cada período. La calidad y disponibilidad de imágenes de alta resolución fue mucho mejor para el período 2011-2018 comparado con el período 2001–2011, que puede explicar parcialmente las fluctuaciones más amplias entre 2001–2011.

- No se tomó en cuenta posibles cambios de uso de suelo en los puntos no-clasificados, aunque su porcentaje era muy bajo, por lo que el error esperado también es muy bajo (0.25 % de los puntos totales).
- Posibles errores en las clasificaciones de uso de suelo y/o cobertura de copa de los intérpretes. Las inconsistencias medidas varían entre aprox. 10-20 %.

4.2. Cálculo de incertidumbre para Datos de Actividad

Para calcular la incertidumbre en los datos de actividad, solo se tomó en cuenta la incertidumbre en los datos, con base en las proporciones de cambios en cada categoría de transición. Se calcularon dos indicadores de incertidumbre: 90 % intervalo de confianza de la media y el error estándar (EE):

Para calcular la incertidumbre en los datos de actividad, solo se tomó en cuenta la incertidumbre en los datos, con base en las proporciones de cambios en cada categoría de transición. Se calcularon dos indicadores de incertidumbre: 90 % intervalo de confianza de la media y el error estándar (EE):

Se calcularon los 90 % intervalos de confianza de cada transición con la fórmula:

$$INV.T.2C(0.1, n_i) * Sup_{trans} * RAIZ\left(\frac{W_i * (1 - W_i)}{P_{trans} - 1}\right)$$

Donde $INV.T.2C(0.1, n_i)$ es el inverso de la distribución t de Student de dos colas que está relacionada al n_i , Sup_{trans} es la superficie total de la clase de transición, W_i es la proporción de puntos de la transición i , P_{trans} es el número total de puntos en la clase de transiciones. Se utilizaron los límites de 90 % CI, para la simulación de incertidumbre en los datos de actividad con Monte Carlo.

Se calcularon el EE con la siguiente fórmula:

$$1.96 * RAIZ\left(\frac{W_i * (1 - W_i)}{P_{trans} - 1}\right) * Sup_{trans}$$

Donde W_i es la proporción de puntos de la transición i , P_{trans} es el número total de puntos en la clase de transiciones, Sup_{trans} es la superficie total de la clase de transición. En la Tabla 53 se da un ejemplo de una tabla de transiciones de una actividad con sus estimaciones de incertidumbre (cabe señalar que en total son 12 tablas con sus respectivos cálculos de incertidumbre).

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

Tabla 53. Ejemplo de la construcción de las tablas de incertidumbre para la transición de TF a NB-CA del período 2011-2018.

Transición	N	Superficie (ha)	Wi	E.E. (ha)	90 % CI (ha)	90 % CI Inf (ha)	90 % CI Sup (ha)
BLN-Int-->NB-CA	716	2,856	0.224	184	197	2,658	3,053
BLN-Deg-->NB-CA	859	3,426	0.269	196	210	3,216	3,635
BLN-Muy Deg-->NB-CA	352	1,404	0.110	138	148	1,256	1,552
BLN-Extr Deg-->NB-CA	12	48	0.004	27	31	17	79
BLN-ZB-->NB-CA	263	1,049	0.082	121	130	919	1,179
BCN-Int-->NB-CA	2	8	0.001	11	21	-13	29
BCN-Deg-->NB-CA	16	64	0.005	31	35	28	99
BCN-Muy Deg-->NB-CA	6	24	0.002	19	24	0	48
BCN-ZB-->NB-CA	2	8	0.001	11	21	-13	29
BCN--->NB-CA	1	4	0.000	8	32	-28	36
BG-Int-->NB-CA	1	4	0.000	8	32	-28	36
BG-Deg-->NB-CA	8	32	0.003	22	27	5	59
BG-ZB-->NB-CA	2	8	0.001	11	21	-13	29
BS-Int-->NB-CA	17	68	0.005	32	36	31	104
BS-Muy Deg-->NB-CA	5	20	0.002	17	23	-3	43
BS-ZB-->NB-CA	2	8	0.001	11	21	-13	29
BLP-Int-->NB-CA	9	36	0.003	23	28	8	64
BLP-Deg-->NB-CA	8	32	0.003	22	27	5	59
BLP-Muy Deg-->NB-CA	1	4	0.000	8	32	-28	36
BLP-Extr Deg-->NB-CA	3	12	0.001	14	21	-9	33
CC-Int-->NB-CA	74	295	0.023	66	72	223	367
CC-Deg-->NB-CA	109	435	0.034	80	86	348	521
CC-Muy Deg-->NB-CA	136	542	0.043	89	96	446	638
CC-Extr Deg-->NB-CA	3	12	0.001	14	21	-9	33

Transición	N	Superficie (ha)	Wi	E.E. (ha)	90 % CI (ha)	90 % CI Inf (ha)	90 % CI Sup (ha)
CC-ZB-->NB-CA	25	100	0.008	39	43	56	143
Bsec2011-Int-->NB-CA	77	307	0.024	68	73	234	380
Bsec2011-Deg-->NB-CA	296	1,181	0.093	128	137	1,043	1,318
Bsec2011-Muy Deg-->NB-CA	95	379	0.030	75	81	298	460
Bsec2011-Extr Deg-->NB-CA	3	12	0.001	14	21	-9	33
Bsec2011-ZB-->NB-CA	89	355	0.028	73	79	276	433
Total	3,192	12,730	1.000				

Nota: N= número de puntos, superficie = has que cambian en la categoría de transición, Wi = la proporción que representa la transición dentro de la actividad correspondiente, EE = Error Estándar, 90 % CI = 90 % Intervalo de Confianza donde 90 %CI Inf es el límite Inferior y, 90 % Ci Sup es el límite superior del intervalo.

(Disponible en Transiciones 2011-2018NRF-90CI.xlsm <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Transiciones2011-2018NRF-90CI.xlsm>)

4.3. Cálculo de los factores de Emisión/ Remoción

Los datos del Inventario Nacional de Bosque (INB) fueron utilizados para estimar la densidad de carbono en biomasa de cada uno de los usos de suelo y los factores de emisión de las categorías de cambio de uso.

La principal fuente de error de los factores de emisión está vinculada al hecho de que las ecuaciones utilizadas para calcular AGB y BGB, de las coberturas forestales está calibrada específicamente para El Salvador.

Asimismo, la otra fuente de error podría estar relacionada con la agrupación de las categorías de uso No Forestales, y el hecho de que estas categorías de uso no cuentan con parcelas de estimación de carbono. Particularmente los factores de emisión de Tf a usos de suelo No-Bosque con árboles (NB-CA) tienen un nivel alto de incertidumbre, ya que fueron derivados de una proporción de los árboles de los bosques correspondientes.

Para ello, se utilizaron la proporción de árboles > 10 cm correspondientes al Bosque Muy Degradado que a su vez siempre generan emisiones con el cambio TF→NB-CA y es congruente con la metodología de cálculo que se aplica (Cambios en Reservorios). Se utilizaron estos valores de biomasa de los árboles, dado que no toda la biomasa de los bosques desaparece después del cambio de uso de suelo, dejando una cobertura de árboles en el paisaje agropecuario entre 14 y 18 % (Tabla 54).

La biomasa en el componente arbóreo de los bosques muy degradados representa entre 7 % en Bosque Salado hasta 25 % para Bosque Latifoliado, lo que aproxima el porcentaje del componente arbóreo en el ambiente agropecuario.

Tabla 54. Porcentaje de puntos con árboles en los usos de suelo No-Bosque en 2001, 2011, 2018. (Disponible en Datos de Actividad.xlsx <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Datos%20de%20Actividad.xlsx>)

Uso de suelo	2001 SA	2001 CA	2011 SA	2011 CA	2018 SA	2018 CA	% Árboles
Caña de azúcar	72,814	1,806	87,039	2,405	101,481	3,176	3 %
Cultivo de frutales	5,520	7,563	9,934	7,551	10,812	9,330	48 %
Otras zonas agrícolas	216,530	20,321	362,097	47,809	323,837	50,607	12 %
Vegetación arbustiva	227,509	42,418	138,909	24,170	150,110	34,286	16 %
Otras áreas arboladas	22,371	36,466	31,855	38,780	30,362	45,674	59 %
Pasto	345,315	34,496	267,957	33,970	246,934	41,021	11 %
Subtotal AG + PA	890,060	143,070	897,791	154,684	863,535	184,095	15 %
Cuerpos de agua	48,274	225	49,343	84	49,595	237	0 %
Áreas arboladas en tejido edificado continuo	2,695	4,826	2,562	4,455	2,726	5,173	64 %
Tejido edificado continuo	22,818	3,947	26,296	4,642	26,762	5,020	15 %
Tejido edificado discontinuo	29,614	9,895	39,429	12,029	42,342	15,504	25 %
Arenales y suelo desnudo	5,994	145	6,696	50	4,974	73	1 %
Estanques y salineras	2,191	137	2,627	76	2,882	84	4 %
Subtotal HU + AS + OT	111,586	19,176	126,952	21,337	129,281	26,090	15 %

Para estimar la incertidumbre de los factores de emisión del COS se utilizaron los niveles de error de las tablas de IPCC y las fórmulas de propagación de error para la estimación de pérdida de COS por cada tipo de cambio de uso de suelo y tipo de suelo:

Para multiplicaciones se utilizaron la fórmula 3.1 de IPCC reporte de Incertidumbres:
Combinación de Incertidumbres – Método 1 - Multiplicaciones

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_i^2 + \dots + U_n^2}$$

Donde U_{total} = el porcentaje de incertidumbre en el producto de las cantidades (la mitad del 95% intervalo de confianza dividida por el total y expresada como un porcentaje), U_i = el porcentaje de incertidumbre asociada a cada uno de los variables.

Para la suma y resta se utilizaron la fórmula 3.2 de reporte de Incertidumbre de IPCC:
Combinación de Incertidumbres – Método 1 – Suma y Resta

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 * x_1)^2 + (U_2 * x_2)^2 + \dots + (U_n * x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|}$$

Donde U_{total} = el porcentaje de incertidumbre de las sumas de cantidades (la mitad del 95% intervalo de confianza dividido por el total y expresado como porcentaje, x_i = variables para combinar; puede ser un número positivo o negativo), U_i = el porcentaje de incertidumbres asociados a cada uno de los variables.

La principal fuente de error en los factores de emisión y remoción por degradación y recuperación está vinculada a la incertidumbre de la biomasa arbóreo en función de la cobertura del dosel. Se asume que la disminución de la cobertura de dosel del polígono de bosque dentro una unidad de muestreo está estrechamente relacionada con la pérdida de biomasa de los árboles grandes, mientras para los otros reservorios es menos claro su posible relación, por lo que se usó la variación en biomasa de los árboles >10 cm DAP como base para calcular las emisiones por pérdida de copa.

Para todos los tipos de bosques inventariados se nota una reducción de la biomasa de los árboles > 10 cm DAP en la medida que haya menos cobertura de dosel. En el caso de

la remoción de biomasa a partir de la recuperación de la cobertura de dosel del bosque presente en la unidad de muestreo se espera una recuperación de biomasa de los árboles grandes del dosel, con DAP > 10 cm, en el sentido contrario a la degradación.

Para el caso de cambio de No-Bosque a Bosque (Reforestación) se utilizaron categorías de factores de remoción, dependiendo si la unidad de muestreo 1) ya presentó puntos con bosque en la evaluación anterior, para la cual se considera la reforestación como una ampliación del polígono del bosque manteniendo la densidad de biomasa constante (es decir, se calcula la biomasa de la superficie añadida, de acuerdo al tipo de bosque y estado de degradación del mismo); y 2) la unidad de muestreo no presentó puntos con bosque en la evaluación anterior, para la cual se considera la reforestación como vegetación secundaria, con una tasa de acumulación de biomasa anual (en este caso se utilizó un factor por defecto, Tier 1).

La fuente de incertidumbre en el factor de emisión del primer caso está relacionada a la incertidumbre en la estimación de biomasa del estado inicial y final, aplicando el método de propagación de error, TIER 1 para estimar la incertidumbre de la resta. En el caso 2, para la incertidumbre en el factor de remoción para vegetación secundaria se aplicó el nivel de incertidumbre TIER 1 (IPCC, 2006).

4.4. Cuantificación de la incertidumbre en la estimación de emisiones/remociones.

La combinación de las fuentes de error de los datos de actividad y los factores de emisión y remoción, se realizó mediante la simulación de Monte Carlo, utilizando la herramienta de propagación de XLSTAT (Addinsoft 2017).

La estimación de la incertidumbre se cuantificó a partir de los intervalos de confianza obtenido de 5,000 simulaciones, utilizando como factor de incertidumbre el error relativo al 90 % de nivel de significancia para los datos de actividad y para los factores de emisión/remoción la propagación del error del 90 % del intervalo de confianza de las densidades de biomasa en el estado inicial y final.

En el caso de incertidumbre en la estimación de emisiones de COS, se utilizó la propagación de error de la incertidumbre en los factores de cambio y el COS de referencia.

Para el cálculo de incertidumbre en las emisiones/remociones de CO₂ se utilizaron las 5,000 simulaciones de Monte Carlo, aplicando las incertidumbres de los datos de actividad

y factores de emisión en el cálculo de las emisiones/remociones de todas las transiciones en cada categoría, para generar el 90 % de intervalo de confianza en la variación de la suma de emisiones/remociones de esta categoría, para cada período de transición por separado. Se calculó la contribución de Datos de Actividad y Factores de Emisión/Remoción por esperado y en su conjunto para cada categoría y período de análisis.

Se asumió una distribución normal para los factores de emisión y remoción en la estimación de la incertidumbre de las emisiones por deforestación y degradación y remociones por reforestación y recuperación de cobertura.

La incertidumbre asociada con las mediciones, los parámetros y las ecuaciones alométricas de la biomasa no se tomaron en cuenta en la estimación del error. De acuerdo con el análisis de Montecarlo, se estima una incertidumbre contribuido por los factores de emisión/remoción de biomasa entre 8 % y 42 % y, para suelo 56 % (Tabla 55).

Los factores de emisión/remoción relacionados con Bosque Latifoliado Natural y Cultivo de Café contribuyen hasta 95 % de la incertidumbre en las emisiones/remociones de biomasa para todas las actividades, mientras los suelos de tipo HAC, LAC y VOL combinados con el Bosque Latifoliado Natural contribuyen >95 % de la incertidumbre de las emisiones de COS.

Tabla 55. Incertidumbre (%) en la estimación de emisiones/remociones generados por la variación en los valores de los factores de emisión/remoción y las transiciones que contribuyen ≥ 1 % a la incertidumbre para cada actividad.

Actividad	Incert (%)	FE/FR importantes
Deforestación con árboles	25 %	BLN-Int-->NB-CA (50%); BLN-Deg--> NB-CA (43%); BLN-Muy Deg-->NB-CA (4%)
Deforestación sin árboles	8 %	BLN-Deg--> NB-SA (52%); BLN-Int--> NB-SA (33%); BLN-Muy Deg--> NB-SA (12%)
Degradación	33 %	BLN-Int-->Deg (56%); CC-Int-->Deg (13%); BLN-Deg-->Muy Deg (12%); CC-Deg-->Muy Deg (12%); BLN-Int-->Muy Deg (3%).
Recuperación	42 %	BLN-Deg-->Int (76%); BLN-Muy Deg-->Deg (9%); CC-Deg-->Int (7%); CC-Muy Deg-->Deg (3%)
Reforestación con árboles	22 %	NB-CA--> BLN-Deg (40%); NB-CA--> BLN-Muy Deg (39%); NB-CA--> BLN-Int (18%).
Reforestación sin arboles	20 %	NB-SA--> BLN-Deg (47%); NB-SA--> BLN-Muy Deg (32%); NB-SA--> BLN-Int (18%)
Deforestación COS	56 %	BLN-LAC--> NB-SA (47%); BLN-VOL--> NB-SA (47%); BLN-HAC--> NB-SA (3%)

Nota: BLN = Bosque Latifoliado Natural; CC = Cultivo de Café; suelos IPCC: HAC = High-active Clay (Arcillo altamente activo); LAC = Low-active Clay (Arcillo poco activo); VOL = Volcánico. NB-CA = No Bosque con árboles; NB-SA = No Bosque sin árboles; Int = dosel intacto; Deg = dosel degradado; Muy Deg = dosel muy degradado. (Disponible en Simulación 2001-2011 FE.xlsm <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Simulacion%202001-2011%20FE.xlsx>)

La incertidumbre relacionada a las emisiones/remociones de las actividades analizadas se calcularon en dos etapas:

- Incertidumbre en las emisiones/remociones de las actividades relacionada a los datos colectados y presentados para los dos períodos de análisis (emisiones de biomasa y suelo de la deforestación, remociones de biomasa por la ampliación de los polígonos de bosque, degradación y recuperación de cobertura).
- Incertidumbre en las emisiones/remociones de los datos anualizados (vegetación secundaria, plantaciones nuevas y las emisiones de biomasa y suelo por la deforestación y las remociones de la de biomasa y suelo por reforestación, las últimos dos actividades anualizadas con las tasas de deforestación y reforestación anuales).

4.4.1 Incertidumbre en la estimación de emisiones/remociones relacionada a los datos colectados y presentados para los dos períodos de análisis.

Se calcularon las incertidumbres relacionadas con los datos colectados para los dos períodos de análisis a partir de la distribución de los resultados de las 5,000 simulaciones, tomando el 5 % del límite inferior y 95 % del límite superior de la distribución como 90 % intervalo de confianza y se calculó la variación de estos límites en porcentaje de la media.

La incertidumbre que genera la variación en los Datos de Actividad sobre las emisiones/remociones y las transiciones que aportan > 1 % a la incertidumbre de cada actividad se presentan en la Tabla 56 para el período de 2001–2011 y, en la Tabla 57 para 2011-2018. Entre 2001–2011, la incertidumbre en los datos de actividad contribuye entre 1 % y 10 % a la incertidumbre en las respectivas emisiones/remociones de la categoría y entre 1 y 9 % para el período 2011-2018. Para ambos períodos, las transiciones de Bosque Latifoliado Natural contribuyen la mayor parte de la incertidumbre para todas las categorías.

Tabla 56. Contribución de Datos de Actividad a la incertidumbre en las emisiones / remociones de cada categoría del período de 2001-2011 y las variables que contribuyen más de 1 % a la incertidumbre en cada categoría.

(Disponible en *Trans2001-2011-29-11-2020.xlsx* <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Trans2001-2011-29-11-2020.xlsx>)

Actividad	5 % Inferior	Media	95 % Superior	Incert %	Variables importantes
Deforestación 2001-2011CA	2,687,826	2,778,128	2,871,491	3 %	BLN-Int-->NB-CA (41%); BLN-Deg-->NB-CA (21%); CC-Int-->NB-CA (8%); BLN-ZB-->NB-CA (6%); BCN-Deg-->NB-CA (2%); CC-Deg-->NB-CA (2%); BS-Int-->NB-CA (2%); BLN-Muy Deg-->NB-CA (2%); BCN-Int-->NB-CA (2%); BCN-ZB-->NB-CA (1%); BS-ZB-->NB-CA (1%);
Deforestación 2001-2011SA	19,489,878	19,768,505	20,053,995	1 %	BLN-Int-->NB-SA (42%); BLN-Deg-->NB-SA (23%); CC-Int-->NB-SA (6%); BLN-Muy Deg-->NB-SA (4%); BS-Int-->NB-SA (4%); BLN-ZB-->NB-SA (4%); CC-Deg-->NB-SA (3%); BCN-Deg-->NB-SA (2%); BCN-Int-->NB-SA (2%);
Deforestación COS 2001-2011	5,174,763	5,312,169	5,449,033	3 %	BS-ORG (69%); BLN-VOL (14%); BLN-LAC (5%); CC-VOL (2%); BLN-HAC (2%);
Reforestación 2001-2011CA	-375,297	-339,940	-305,281	10 %	NB-CA-->BLN-Int (27%); NB-CA-->BLN-Deg (20%); NB-CA-->BS-ZB (9%); NB-CA-->BLN-ZB (8%); NB-CA-->BCN-Deg (7%); NB-CA-->BS-Int (5%); NB-CA-->CC-Int (4%); NB-CA-->BLN-Muy Deg (4%); NB-CA-->BS-Deg (3%); NB-CA-->BG-Int (1%);
Reforestación 2001-2011SA	-3,891,342	-3,770,698	-3,649,965	3 %	NB-SA-->BLN-Int (34%); NB-SA-->BLN-Deg (29%); NB-SA-->BLN-Muy Deg (9%); NB-SA-->BLN-ZB (4%); NB-SA-->BS-Deg (4%); NB-SA-->BCN-Deg (3%); NB-SA-->BCN-Int (2%); NB-SA-->CC-Int (2%); NB-SA-->BS-ZB (1%); NB-SA-->BS-Int (1%);
Degradación 2001-2011	7,406,162	7,508,455	7,611,184	1 %	CC-Int-->Deg (34%); CC-Int-->Muy Deg (12%); BLN-Int-->Deg (10%); BCN-Deg-->Muy Deg (8%); BLN-Int-->Muy Deg (7%); BCN-Int-->Muy Deg (5%); BLN-Deg-->Muy Deg (3%); BCN-Int-->Deg (3%); CC-Deg-->Muy Deg (3%); BS-Int-->Muy Deg (2%); BS-Deg-->Muy Deg (1%);

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

Actividad	5 % Inferior	Media	95 % Superior	Incert %	Variables importantes
Recuperación 2001-2011	-2,931,605	-2,876,887	-2,822,782	2 %	CC-Deg-->Int (26%); BLN-Deg-->Int (18%); BLN-Muy Deg-->Deg (6%); BCN-Extr Deg-->Int (6%); BLN-Muy Deg-->Int (5%); BCN-Muy Deg-->Int (4%); BCN-Deg-->Int (4%); CC-Muy Deg-->Int (3%); BLN-Extr Deg-->Int (3%); CC-Muy Deg-->Deg (3%); BCN-Extr Deg-->Deg (2%); BS-Muy Deg-->Int (2%); BCN-Muy Deg-->Deg (2%); BLN-Extr Deg-->Deg (2%); BS-Muy Deg-->Deg (1%); BLP-Extr Deg-->Muy Deg (1%); BS-Deg-->Int (1%); BLP-Extr Deg-->Int (1%);

Tabla 57. Contribución de Datos de Actividad a la incertidumbre en las emisiones/remociones de cada categoría del período de 2011-2018 y las variables que contribuyen más de 1 % a la incertidumbre en cada categoría.

(Disponible en Transiciones2011-2018ContrDA-90CIsin VegSec.xlsm <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Transiciones2011-2018ContrDA-90CIsin%20VegSec.xlsm>)

Actividad	5 % Inferior	Media	95 % Superior	Incert %	Variables importantes
Deforestación 2011-2018CA	1,266,444	1,336,477	1,406,699	5 %	BLN-Int-->NB-CA (33%); BLN-Deg-->NB-CA (17%); CC-Int-->NB-CA (13%); BLN-ZB-->NB-CA (10%); BS-Int-->NB-CA (4%); CC-Deg-->NB-CA (3%); BLN-Muy Deg-->NB-CA (3%); BCN-Deg-->NB-CA (2%); CC-ZB-->NB-CA (2%); BCN-Int-->NB-CA (2%); BS-ZB-->NB-CA (1%).
Deforestación 2011-2018SA	7,986,095	8,185,248	8,377,169	2 %	BLN-Int-->NB-SA (37%); BLN-Deg-->NB-SA (23%); CC-Int-->NB-SA (8%); CC-Deg-->NB-SA (5%); BLN-ZB-->NB-SA (4%); BS-Int-->NB-SA (4%); BLN-Muy Deg-->NB-SA (4%); BCN-Deg-->NB-SA (2%); CC-Muy Deg-->NB-SA (2%).
Deforestación COS 2011-2018	2,218,355	2,305,666	2,395,977	4 %	BS-ORG (69%); BLN-VOL (13%); BLN-LAC (5%); CC-VOL (3%); BLN-HAC (2%).
Reforestación 2011-2018CA	-496,360	-457,335	-417,884	9 %	NB-CA-->BLN-Int (32%); NB-CA-->BLN-Deg (22%); NB-CA-->BCN-Int (12%); NB-CA-->BLN-ZB (6%); NB-CA-->BS-Deg (4%); NB-CA-->BLN-Muy Deg (4%); NB-CA-->BS-Int (3%); NB-CA-->CC-Int (3%); NB-CA-->BG-Int (2%); NB-CA-->BCN-Deg (2%); NB-CA-->CC-Deg (1%); NB-CA-->CC-ZB (1%); NB-CA-->BG-ZB (1%).

Actividad	5 % Inferior	Media	95 % Superior	Incert %	Variables importantes
Reforestación 2011-2018SA	-2,766,594	-2,665,002	- 2,565,322	4 %	NB-SA-->BLN-Deg (31%); NB-SA-->BLN-Int (28%); NB-SA-->BLN-Muy Deg (10%); NB-SA-->BLN-ZB (6%); NB-SA-->BS-Deg (6%); NB-SA-->BS-Int (4%); NB-SA-->CC-Deg (2%); NB-SA-->BCN-Deg (2%); NB-SA-->BCN-Int (1%).
Degradación 2011-2018	1,147,569	1,183,574	1,219,758	3 %	CC-Int-->Deg (33%); BLN-Int-->Deg (14%); BLN-Int-->Muy Deg (11%); BCN-Deg-->Muy Deg (5%); BCN-Int-->Muy Deg (4%); BLN-Deg-->Muy Deg (4%); CC-Deg-->Muy Deg (3%); BCN-Int-->Deg (3%); CC-Int-->Extr Deg (3%); CC-Int-->Muy Deg (3%); BS-Deg-->Muy Deg (2%); BLP-Int-->Muy Deg (2%); BS-Int-->Deg (2%).
Recuperación 2011-2018	-7,519,330	-7,419,603	- 7,322,248	1 %	CC-Deg-->Int (44%); BLN-Deg-->Int (12%); BCN-Muy Deg-->Deg (9%); CC-Muy Deg-->Int (9%); BLN-Muy Deg-->Deg (5%); CC-Muy Deg-->Deg (4%); BLN-Muy Deg-->Int (4%); BCN-Deg-->Int (3%); BS-Muy Deg-->Deg (2%).

Los factores de emisión/remoción de biomasa contribuyen entre 8 % y 42 % y para suelo 56 % (Tabla 58), a la incertidumbre en las estimaciones de emisiones / remociones en cada categoría.

Los factores de emisión/remoción relacionados con Bosque Latifoliado Natural y Cultivo de Café contribuyen hasta 95 % de la incertidumbre en las emisiones/remociones de biomasa para todas las actividades, mientras los suelos de tipo HAC, LAC y VOL combinados con el Bosque Latifoliado Natural contribuyen >95 % de la incertidumbre de las emisiones de COS.

Tabla 58. Incertidumbre (%) en la estimación de emisiones/remociones generado por la variación en los valores de los factores de emisión/remoción y las transiciones que contribuyen $\geq 1\%$ a la incertidumbre para cada actividad.

Actividad	Incert (%)	FE/FR importantes
Deforestación con árboles en NB	25 %	BLN-Int-->NB-CA (50%); BLN-Deg-->NB-CA (43%); BLN-Muy Deg-->NB-CA (4%).
Deforestación sin árboles en NB	8 %	BLN-Deg-->NB-SA (52%); BLN-Int-->NB-SA (33%); BLN-Muy Deg-->NB-SA (12%).

Actividad	Incert (%)	FE/FR importantes
Degradación	33 %	BLN-Int-->Deg (56%); CC-Int-->Deg (13%); BLN-Deg-->Muy Deg (12%); CC-Deg-->Muy Deg (12%); BLN-Int-->Muy Deg (3%).
Recuperación	42 %	BLN-Deg-->Int (76%); BLN-Muy Deg-->Deg (9%); CC-Deg-->Int (7%); CC-Muy Deg-->Deg (3%).
Reforestación con árboles en NB	22 %	NB-CA--> BLN-Deg (40%); NB-CA--> BLN-Muy Deg (39%); NB-CA--> BLN-Int (18%).
Reforestación sin árboles en NB	20 %	NB-SA--> BLN-Deg (47%); NB-SA--> BLN-Muy Deg (32%); NB-SA--> BLN-Int (18%).
Deforestación COS	56 %	BLN-LAC--> NB-SA (47%); BLN-VOL--> NB-SA (47%); BLN-HAC--> NB-SA (3%).

Nota: BLN = Bosque Latifoliado Natural; CC = Cultivo de Café; suelos IPCC: HAC = High-active Clay (Arcillo altamente activo); LAC = Low-active Clay (Arcillo poco activo); VOL = Volcánico. NB-CA = No Bosque con árboles; NB-SA = No Bosque sin árboles; Int = dosel intacto; Deg = dosel degradado; Muy Deg = dosel muy degradado.

(Disponible en Simulación 2001-2011 FE.xlsm)

<http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Simulacion%202001-2011%20FE.xlsx>

La incertidumbre total (DA + FE) en las estimaciones de emisiones y remociones para cada actividad varían entre 9 % y 59 % en ambos períodos, siendo las emisiones de biomasa por la deforestación TF->NB-SA la actividad con menor incertidumbre y las emisiones de COS en TF->NB-SA con mayor incertidumbre en ambos períodos (Tabla 59 y 60).

Tabla 59. Emisiones y remociones de las actividades en el período de 2001-2011, los límites de 5% a 95% de intervalo de confianza de las estimaciones y las variables que contribuyen >1% a la incertidumbre en cada categoría.

(Disponible en *Trans2001-2011-29-11-2020.xlsx* <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Trans2001-2011-29-11-2020.xlsx>)

Actividad	5 % Inferior	Media	95 % Superior	Incert %	VARIABLES IMPORTANTES
Deforestación 2001-2011CA	2,086,286	2,786,456	3,513,150	26 %	FE-BLN-Int-->NB-CA (47%); FE-BLN-Deg-->NB-CA (40%); FE-BLN-Muy Deg-->NB-CA (3%).
Deforestación 2001-2011SA	18,091,032	19,764,721	21,453,702	9 %	FE-BLN-Deg-->NB-SA (46%); FE-BLN-Int-->NB-SA (33%); FE-BLN-Muy Deg-->NB-SA (11%); BLN-Int-->NB-SA (1%).
Deforestación COS 2001-2011	2,345,216	5,282,773	8,303,602	56 %	FE-BLN-LAC (46%); FE-BLN-VOL (44%); FE-BLN-HAC (2%).
Reforestación 2001-2011CA	258,834	339,770	422,379	24 %	FE-NB-CA-->BLN-Deg (33%); FE-NB-CA-->BLN-Muy Deg (29%); FE-NB-CA-->BLN-Int (13%); NB-CA-->BLN-Int (5%); NB-CA-->BLN-Deg (5%); NB-CA-->BLN-ZB (2%); NB-CA-->BS-ZB (2%); NB-CA-->BCN-Deg (2%).
Reforestación 2001-2011SA	3,031,041	3,776,733	4,559,956	20 %	FE-NB-SA-->BLN-Deg (42%); FE-NB-SA-->BLN-Muy Deg (32%); FE-NB-SA-->BLN-Int (16%); NB-SA-->BLN-Int (1%).
Degradación 2001-2011	4,948,596	7,521,453	10,108,810	34 %	FE-BLN-Int-->Deg (54%); FE-BLN-Deg-->Muy Deg (12%); FE-CC-Int-->Deg (12%); FE-CC-Deg-->Muy Deg (9%); FE-BLN-Int-->Muy Deg (2%).
Recuperación 2001-2011	1,506,207	2,880,445	4,211,628	47 %	FE-BLN-Deg-->Int (70%); FE-BLN-Muy Deg-->Deg (11%); FE-CC-Deg-->Int (7%); FE-CC-Muy Deg-->Deg (2%).

Tabla 60. Emisiones y remociones de las actividades en el período de 2011-2018, los límites de 5 % a 95 % de intervalo de confianza de las estimaciones y las variables que contribuyen >1% a la incertidumbre para cada actividad.

(Disponible en *Transiciones2011-2018ContrDA-90CIsin VegSec.xlsm* <http://srt.snet.gob.sv/mrv/public/documents/NRF/Archivos%20Excel/Transiciones2011-2018ContrDA-90CIsin%20VegSec.xlsm>)

Actividad	5 % Inferior	Media	95 % Superior	Incert %	VARIABLES IMPORTANTES
Deforestación 2011-2018CA	1,023,205	1,338,536	1,662,056	24 %	FE-BLN-Deg-->NB-CA (33%); FE-BLN-Int-->NB-CA (27%); FE-BLN-Muy Deg-->NB-CA (20%); FE-CC-Muy Deg-->NB-CA (7%); FE-BLN-ZB-->NB-CA (2%); BLN-Int-->NB-CA (1%); FE-CC-Int-->NB-CA (1%);
Deforestación 2011-2018SA	7,496,289	8,192,837	8,868,802	8 %	FE-BLN-Deg-->NB-SA (37%); FE-BLN-Int-->NB-SA (25%); FE-BLN-Muy Deg-->NB-SA (20%); BLN-Int-->NB-SA (3%); FE-CC-Muy Deg-->NB-SA (2%); BLN-Deg-->NB-SA (2%); FE-BLN-Extr Deg-->NB-SA (1%);

Actividad	5 % Inferior	Media	95 % Superior	Incert %	Variables importantes
Deforestación COS 2011-2018	839,529	2,102,313	3,315,714	59 %	FE-BLN-VOL (54%); FE-BLN-LAC (35%); FE-BLN-HAC (2%); FE-CC-VOL (2%);
Reforestación 2011-2018CA	-573,080	-454,740	-346,932	25 %	FE-NB-CA-->BLN-Deg (53%); FE-NB-CA-->BLN-Muy Deg (17%); FE-NB-CA-->BLN-Int (12%); NB-CA-->BLN-Int (4%); NB-CA-->BLN-Deg (3%); NB-CA-->BCN-Int (1%);
Reforestación 2011-2018SA	-3,249,876	-2,662,500	-2,081,315	22 %	FE-NB-SA-->BLN-Deg (50%); FE-NB-SA-->BLN-Muy Deg (31%); FE-NB-SA-->BLN-Int (7%); NB-SA-->BLN-Deg (1%); FE-NB-SA-->BS-Deg (1%);
Degradación 2011-2018	705,871	1,182,921	1,659,389	40 %	FE-BLN-Int-->Deg (71%); FE-BLN-Deg-->Muy Deg (10%); FE-CC-Int-->Deg (5%); FE-CC-Deg-->Muy Deg (3%); FE-BLN-Int-->Muy Deg (2%); FE-BS-Int-->Deg (1%);
Recuperación 2011-2018	-10,783,665	-7,333,195	-3,977,196	46 %	FE-BLN-Deg-->Int (34%); FE-CC-Deg-->Int (33%); FE-CC-Muy Deg-->Deg (15%); FE-BLN-Muy Deg-->Deg (10%);
Total Periódico 2011-2018	-1,429,441	2,310,907	6,118,013		FE-BLN-Deg-->Int (28%); FE-CC-Deg-->Int (26%); FE-CC-Muy Deg-->Deg (11%); FE-BLN-Muy Deg-->Deg (8%); FE-BLN-VOL (6%); FE-BLN-LAC (4%); FE-BLN-Int-->Deg (2%); FE-BLN-Deg-->NB-SA (1%); FE-CC-Muy Deg-->Int (1%);

Para casi todas las actividades, los factores de emisión de BLN en estado degradado contribuyen la mayor parte de la incertidumbre en las estimaciones (Tabla 59 y 60). Esto se debe principalmente a que hay pocas parcelas de INB en estado de degradación y no hay parcelas de inventario en No-Bosque. En el último caso, los FE de NB fueron derivados de los datos de bosque, que se deben confirmar con datos de campo.

4.4.2 Nivel de incertidumbre en las emisiones/remociones con estimaciones anuales.

Para estimar la incertidumbre en los datos a nivel anual, se utilizaron diferentes fuentes de incertidumbre para cada actividad, de acuerdo con la Tabla 61.

Tabla 61. Fuentes de incertidumbres utilizadas en la estimación del NRF anual.

Actividad	Variables de Incertidumbre
Emisiones Biomasa Deforestación (tCO ₂ /año)	Incertidumbre en las emisiones entre 2001-2011 Incertidumbre en las emisiones entre 2011-2018 Incertidumbre en la tasa de deforestación anual
Emisiones COS deforestación (tCO ₂ /año)	Incertidumbre en las emisiones entre 2001-2011 Incertidumbre en las emisiones entre 2011-2018 Incertidumbre en la tasa de deforestación anual
Remociones Reforestación Polígonos de Bosques (tCO ₂ /año)	Incertidumbre en las remociones entre 2001-2011 Incertidumbre en las remociones entre 2011-2018 Incertidumbre en la tasa de deforestación anual
Remociones Reforestación Veg. Sec. y Plantaciones Nuevas (tCO ₂ /año)	Incertidumbre en el Factor de Remoción para Veg Sec (IPCC) Incertidumbre en los datos de actividad
Remociones COS Reforestación (tCO ₂ /año)	Incertidumbre como resultado de la propagación de error en el COS de referencia y los factores de cambio (IPCC). Incertidumbre en la tasa de reforestación anual
Emisiones Degradación (tCO ₂ /año)	Incertidumbre en las emisiones entre 2001-2011 Incertidumbre en las emisiones entre 2011-2018
Remociones Recuperación (tCO ₂ /año)	Incertidumbre en las remociones entre 2001-2011 Incertidumbre en las remociones entre 2011-2018

La incertidumbre en las estimaciones anuales varía entre 19 % y 32 % para el período 2001–2018 (Tabla 62 y Figura 18). Las contribuciones más importantes a la incertidumbre de la estimación anual inicialmente eran relacionadas a las emisiones, pero gradualmente cambiaron a las remociones que finalmente eran las fuentes que generaron la mayor parte de la incertidumbre (Figura 19).

Tabla 62. Incertidumbre en las estimaciones del total de emisiones /remociones anuales, el límite de 5 % inferior, la media y límite de 95 % superior. (Disponible en Incertidumbre NRF 90CI-AnualFinal. xlsx)

Año	5 % Inferior	Media	95 % Superior
2002	1,408,983	2,043,669	2,704,688
2003	3,480,727	4,596,339	5,739,897
2004	1,948,953	2,734,764	3,546,040

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

2005	2,199,443	3,129,957	4,023,905
2006	2,325,074	3,353,453	4,337,035
2007	901,805	1,697,318	2,483,292
2008	645,051	1,618,288	2,579,907
2009	1,020,456	2,355,770	3,729,515
2010	1,553,513	2,638,046	3,649,214
2011	93,607	1,091,642	2,054,444
2012	-492,869	601,984	1,703,720
2013	-746,034	355,450	1,435,040
2014	-947,855	218,068	1,384,411
2015	-1,608,013	-383,133	813,024
2016	-1,927,546	-555,701	775,896
2017	-2,046,202	-568,570	877,402
2018	-2,074,935	-904,625	304,429

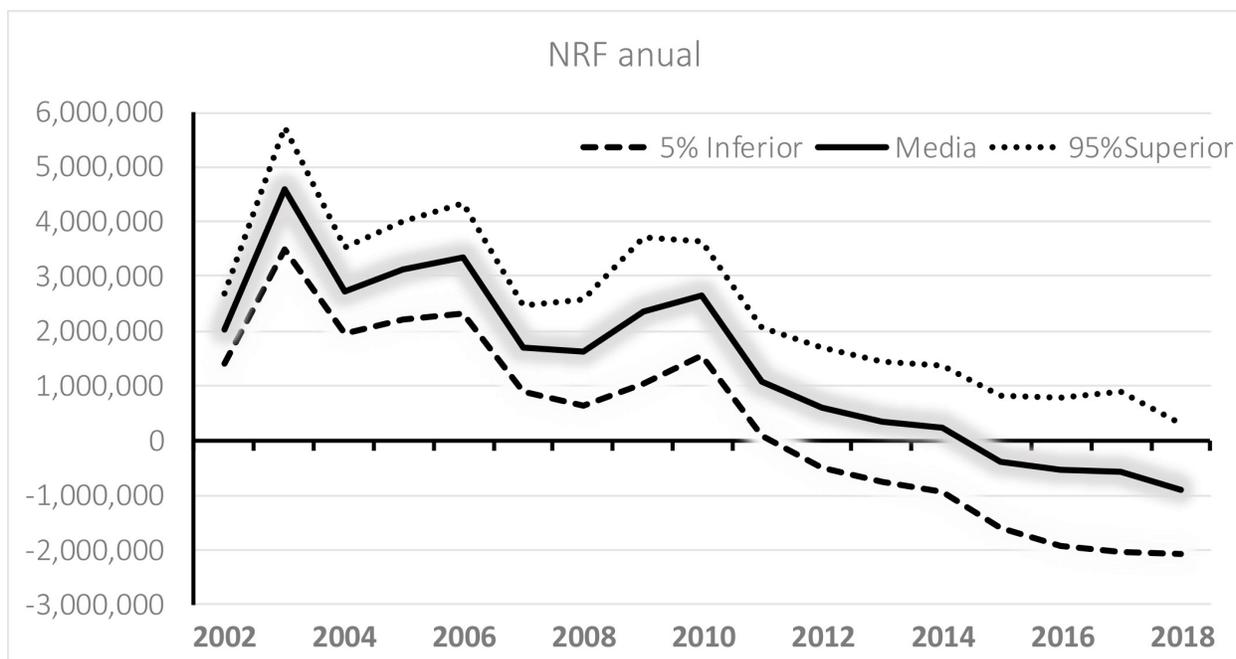


Figura 18. Tendencia en las emisiones anuales con los niveles de 5 % inferior y 95 % superior de la distribución de los resultados de las 5,000 simulaciones (Disponible en Incertidumbre NRF 90CI-AnualFinal.xlsm).

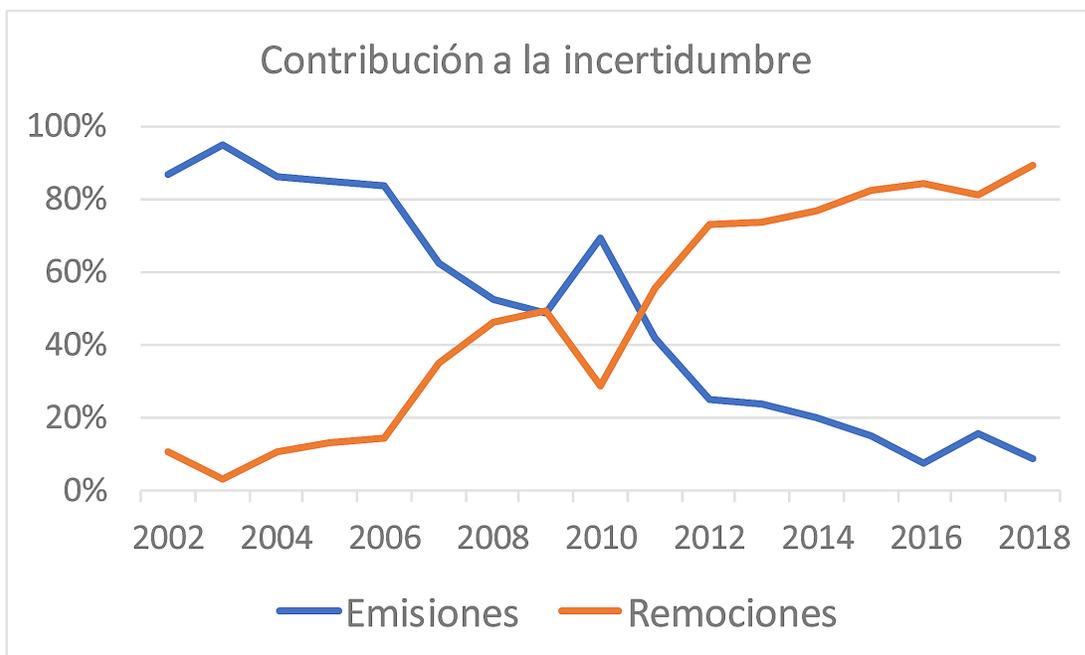


Figura 19. Tendencias en la contribución de las actividades que generan emisiones y actividades que generan remociones a la incertidumbre del NRF (Disponible en Incertidumbre NRF 90CI-AnualFinal. xlsx)

Finalmente, la incertidumbre para el período de referencia histórica 2006–2015 es entre 1,054,561 tCO₂ /año para el 5 % inferior y 1,608,951 tCO₂ /año para 95 % superior (Tabla 63).

Tabla 63. Rangos de incertidumbre (5 % inferior, media, 95 % Superior para el período de referencia histórica propuesto. (Disponible en Incertidumbre NRF 90CI-AnualFinal. xlsx)

Período	5% Inferior	Media	95 % Superior
2006–2015	1,054,561	1,331,756	1,608,951

Consistencia con el INGEI

El gobierno de El Salvador ha presentado el INGEI con AFOLU en la 3ª Comunicación Nacional ante UNFCCC (MARN, 2018) y, en el primer Informe Bienal de Actualización (MARN 2018).

De acuerdo con la Tercera Comunicación Nacional de El Salvador para la UNFCCC, en el sector AFOLU se consideran para el sector Uso de Suelo y Cambio de Uso de Suelo (USCUS)

las emisiones/remociones de gases de efecto invernadero procedentes de las variaciones de las reservas de carbono en la biomasa, materia orgánica muerta (MOM), materia orgánica del suelo (MOS) de suelos orgánicos y minerales, y productos de madera recolectada (PMR), para todas las tierras gestionadas y emisiones distintas del CO₂ provenientes de incendios en toda la tierra gestionada.

El método de análisis fue de “Pérdidas y Ganancias”, estimando cambios en C por crecimiento en la biomasa, cambios en C por cambio en la biomasa debido a cambio de uso, particularmente de tierras forestales a no-forestales, cambios en biomasa por extracción de madera y leña, emisiones de suelos minerales y orgánicos, así como, emisiones por combustible de biomasa. En el caso de NRF, se utilizó principalmente en enfoque de “diferencia de existencias”, por lo que es difícil de comparar directamente los resultados del INGEI con el NRF.

Igualmente, las fuentes de información es distinto: en el INGEI se utilizaron para los datos de actividad tres mapas de uso de suelo (2005, 2011, 2016), con diferencias en la clasificación y tipo de satélite que utilizaron para la clasificación, mientras en el NRF, se utilizaron un análisis visual de uso de suelo y cobertura de árboles en una malla sistemática de 21103 unidades de muestreo, cada una con 25 puntos de verificación, utilizando imágenes satelitales de 2001, 2011 y 2018, de una imagen LIDAR de 2014, para verificar la altura de la vegetación.

En el caso de los factores de emisión/remoción el INGEI utilizó únicamente datos por defecto del IPCC, Tier 1, mientras en el NRF se utilizaron los datos de INB como base para generar los FE/FR de la biomasa, solo para emisiones/remociones de COS se utilizaron factores por defecto Tier 1.

Para la siguiente comunicación nacional se pretende utilizar los datos generados en el NRF como base para el INGEI-AFOUL De acuerdo con la programación, en 2023 se actualizará el INGEI-AFOUL, siempre y cuando hay recursos disponibles para su realización.

Con este documento el Gobierno de El Salvador está presentando el NRF ante la CMNUCC para su consideración, con el fin de utilizarlo como base para analizar los impactos de actividades REDD+ del país. El nivel de referencia tiene una vigencia entre 2016 a 2025. Se pretende actualizar el NRF cada cinco años a partir de 2026.

Oportunidades de mejora en el MRV

Las actividades de monitoreo son necesarias para que El Salvador pueda cumplir con sus compromisos bajo la CMNUCC y programas REDD+ en general de estimar y reportar las emisiones de gases de efecto invernadero en relación con el Nivel de Referencia.

Existen actividades de monitoreo que tienen que ver con la estrategia REDD+ de Restauración de Ecosistemas y Paisajes y se pueden consultar en la página web de geo-cumplimiento del MARN. Pero en este documento se dejará definido los eventos de monitoreo que tienen que ver exclusivamente con las emisiones de GEI.

Los programas REDD+ requieren una estimación de emisiones y remociones históricas, el Nivel de Referencia y que se encuentra las secciones anteriores. Al mismo tiempo que se necesita un monitoreo periódico de emisiones y remociones de GEI durante la fase de desempeño, en la cual el país debe lograr y demostrar una reducción de emisiones con respecto al Nivel de Referencia.

La CMNUCC a través de su sistema de Informe Bienal de Actualización (BUR por sus siglas en inglés) exigen un reporte de monitoreo cada dos años. Algunos programas REDD+ de pagos por resultados no tienen una exigencia establecida y cada país definirá el período que considere necesario para poder detectar resultados.

Para cumplir con estos requisitos, y algunos otros que puedan surgir en otros programas, se planifica un monitoreo continuo cada año. Es necesario realizar todos los años el monitoreo (seguimiento) de los datos de actividad (área de deforestación, degradación y expansión), pero puede ser una parte de todas las unidades de muestreo (por ejemplo 25–50 % un año y todos los puntos el siguiente año). Esto implica que 25–50 % de los puntos es revisado cada año y todos cada dos años. Los datos que se obtiene cada año se extrapolan al nivel nacional, tomando en cuenta que la incertidumbre aumenta para este año de análisis.

En caso que se detecta un cambio en los puntos que se analiza cada dos años, se determina si el cambio fue en el año de revisión o el año anterior (Figura 20). Siempre será una comparación entre usos del suelo del año actual con su año previo, para así tener la capacidad de distinguir, con el año actual si realmente hubo cambios o no y si había cambio en qué año se realizó el cambio. Así, cada dos años, hay un reporte temporal de las actividades; y cada dos años intercalado un reporte completo, coincidiendo con los reportes BUR.

Nivel de Referencia Forestal de El Salvador

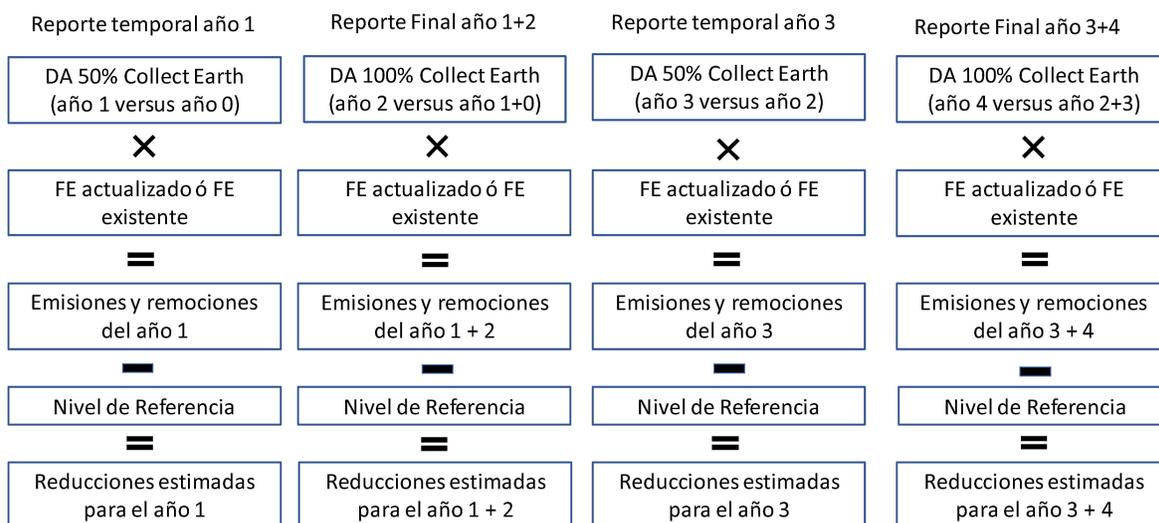


Figura 20. Esquema simplificado de monitoreo anual con sus reportes temporales y finales intercalados.

Las oportunidades de seleccionar los 25–50 % puntos que se revisan anualmente se visualizan en:

- Se debe tener presente que la grilla de 1 km de distancia refleja mejor la dinámica de cambio de uso y su nivel de detalle es suficiente para alcanzar a medir la estrategia nacional REDD+: Estrategia Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes
- Utilizar menos puntos en un año, pero estratificando según áreas deforestadas o según la Estrategia Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes. En las zonas donde ocurrió deforestación, colocar mayor cantidad de puntos comparado con las zonas que han permanecido estables o estratificar según las áreas prioritarias de la Estrategia Nacional.

Dentro del evento de monitoreo, el dato de actividad obtenido es multiplicado por el factor de emisión correspondiente, ya sea con el dato existente o con nuevos datos obtenidos por monitoreos de bosque ad hoc o nuevos Inventarios Nacionales de Bosque y No Bosque.

El inventario Nacional de Bosques de El Salvador (2017–2018) permite obtener los datos para la estimación de los factores de emisión asociado a la deforestación, degradación y expansión. Pero esta información es referente al contenido de stock de biomasa (y carbono) en un momento determinado.

Es decir, no tiene información sobre la evolución de stocks y la distribución de parcelas sobre los estados de degradación no es lo más adecuado y ha generado niveles de incertidumbre muy altas para los bosques degradados. No hay datos colectados en los usos de suelo No-Bosque, particularmente en las categorías con árboles. Por lo anterior es importante considerar ampliar las parcelas del INB en los bosques degradados, en Bosque de Galería y los usos de suelo No-Bosque con árboles.

El evento de monitoreo culmina con la estimación de las emisiones y remociones de las actividades REDD+ cada año, junto a su cálculo de incertidumbre cada dos años.

Los Reportes de Monitoreo deben contener información para cumplir con los diferentes requisitos de programas o instituciones. Por ejemplo, los BURs deberán contener un Anexo Técnico en el cual el país reportará los resultados de REDD+ de manera consistente con el NRF que se presentó a la CMNUCC.

De firmarse un acuerdo de pagos por resultados con algún fondo (BioCarbon Fund o el Fondo de Carbono del FCPF, El Salvador además deberá, presentar los resultados de su programa de reducción de emisiones de manera consistente con el NREF/NRF que presentó a dicho fondo y en línea con el Marco Metodológico del Fondo de Carbono⁴.

Teniendo en consideración los arreglos institucionales existentes, se establece que el reporte de monitoreo sea liderado por el MARN, siguiendo la estructura que se presenta en el documento de MRV.

Aunque al momento de elaborar este documento, no se incluyen los incendios forestales en los datos de actividad, se deberá considerar esta fuente de emisiones al momento de definir la periodicidad de reporte. Para esto hay que elaborar y validar el método de obtención de datos para esta actividad y asegurar que no crea doble conteo con otras actividades y otros reportes, ya que la mayor parte de quemas son en áreas de cultivo y pastizales que deben estar reportados como tal (no deben ser parte del MRV de REDD+).

⁴ <https://www.forestcarbonpartnership.org/>

Referencias Bibliográficas

- Addinsoft, XLSTAT. (2017). *Data Analysis and Statistical Solution from Microsoft Excel*. Paris, France: Addinsoft. <https://www.xlstat.com/es/>
- Alberto D., Elvir J.A. 2005. Acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de *Pinus oocarpa* en bosques naturales de Cabañas, La Paz, Tatascán 17(2) 1-12.
- Cairns M., Brown S., Helmer E., Baumgardner G. 1997. *Root biomass allocation in the world's upland forest*. *Oecologia* 111:1-11.
- Cairns, M. A., Brown, S., Helmer, E. H., & Braumgardner, G. A. (1997). Root Biomass Allocation in the World's Upland Forests. *Oecologia*, 111(1), 1-11. Obtenido de <http://doi.org/10.1007/s004420050201>
- Castellanos E., Quilo A., Pons D. 2010. Estudio de la línea base de carbono en cafetales. Universidad del Valle de Guatemala. Centro de Estudios Ambientales. Encontrado el 30-11-2020 en: https://res.cloudinary.com/webuvg/image/upload/v1573141248/WEB/Investigacion/Centros%20de%20investigaci%C3%B3n/Centro%20de%20Estudios%20Ambientales%20y%20Biodiversidad%20CEAB/Publicaciones/Cambio%20clim%C3%A1tico/Otras%20publicaciones/11.CEAB_2010_linea-base-carbono-cafetales.pdf
- Chao, K.-J., Phillips, O. L., and Baker, T. R.: Wood density and stocks of coarse woody debris in a northwestern Amazonian landscape, *Can. J. For. Res.*, 38, 795–825, 2008.
- Chao, J.; Phillips, L.; Baker, R.; Peacock, J.; López, G.; Vasquez, R.; Monteagudo A.; Torres A. 2009. After trees die: quantities and determinants of necromass across Amazonia. *Biogeosciences* 6: 1615-1626.
- Chave J. et. al. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145: 87-99.
- CMNUCC 2011. Decisión 1/CP.16. Acuerdos de Cancún: resultado de la labor del Grupo de Trabajo Especial sobre la cooperación a largo plazo en el marco de la Convención

- CMNUCC 2012. Decisión 12/CP.17. Orientación sobre los sistemas para proporcionar información acerca de la forma en que se están abordando y respetando las salvaguardias y sobre las modalidades relativas a los niveles de referencia de las emisiones forestales y los niveles de referencia forestal a que se hace referencia en la decisión 1/CP.16.
- CMNUCC 2014. Decisión 13/CP.19 Directrices y procedimientos para la evaluación técnica de las comunicaciones presentadas por las Partes sobre los niveles de referencia de las emisiones forestales y/o los niveles de referencia forestal propuestos
- Escobar, B J.C (2009) Buenas Prácticas para reducir la vulnerabilidad de los Sistemas de Producción frente a los efectos del Cambio Climático. FAO-El Salvador. Proyecto GCP/ELS/008/SP. San Salvador. El Salvador.
- FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). 2013. GlobAllomeTree-Assessing volume, biomass and carbon stocks of trees and forests. <http://globallometree.org/>
- FAO 1993. *Guidelines for land-use planning. FAO Development Series 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy*. Encontrado el 30-11-2020 en: <https://www.mpl.ird.fr/crea/taller-colombia/FAO/AGLL/pdfdocs/guidelup.pdf>
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Pidgeon, E., Telszewski, M. (eds.). 2014. *Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA*. <http://www.globallometree.org/data/allometric-equations/>
- IPCC. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES)*. Obtenido de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/gpplulucf/gpplulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf
- IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 1: Orientación general y generación de informes.

- IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volumen 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use.*
- Kauffman, J. B., & Donato, D. C. (2012). *Protocols for the Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass and Carbon Stocks in Mangrove Forests. Working Paper 86. Bogor: CIFOR.* Encontrado el 30-11-2020 en: https://www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/WP86CIFOR.pdf
- Komiyama, A., Ong J.E., Pongpan, S. 2008. *Allometry, biomass and productivity of mangrove forests: A review.* Aquatic Botany 89: 128-137.
- López-Melara 2020. Metodología para determinar el año de cambio (pérdida o ganancia) en bosque con *Collect Earth Desktop* (CED) a partir de las parcelas interpretadas en *Collect Earth Online* (CEO). MARN 2020. 48 pp.
- MAG 2012. Clasificación de suelos por división política de El Salvador, C.A. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección general de ordenamiento forestal, cuencas y riego. 82 pp. Encontrado el 30-11-2020 en: <https://es.scribd.com/document/224721615/Clasificacion-de-Suelos-Por-Division-Politica-de-El-Salvador-1>
- MAG 2015. Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riegos. 46 pp. Encontrado el 30-11-2020 en: <http://www.mag.gob.sv/direccion-general-de-ordenamiento-forestal-cuencas-y-riego/cambio-climatico/>
- MARN 2012. Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP): Esfuerzo Principal de Adaptación al Cambio Climático en El Salvador. Encontrado el 30-11-2020: <http://rcc.marn.gob.sv/bitstream/handle/123456789/42/Documento%20conceptual%20PREP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MARN 2015. Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional de El Salvador. Gobierno de El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 14 pp. Encontrado el 30-11-2020: <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/El%20Salvador%20First/EL%20SALVADOR-INTENDED%20NATIONALLY%20DETERMINED%20CONTRIBUTION.pdf>

- MARN 2017. Plan de Acción de restauración de ecosistemas y paisajes de El Salvador con enfoque de mitigación basada en adaptación. Proyecto 2018 – 2022. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Encontrado el 30-11-2020: <http://cidoc.marn.gob.sv/documentos/plan-de-accion-de-restauracion-de-ecosistemas-y-paisajes-de-el-salvador-con-enfoque-de-mitigacion-basada-en-adaptacion-proyecto-2018-2022/>
- MARN 2018. Inventario Nacional de Bosques de El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Forestales. 421 pp Encontrado el 30-11-2020 en: <http://cidoc.marn.gob.sv/documentos/inventario-nacional-de-bosques/>
- MARN 2018. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, El Salvador, 2018. Encontrado el 30-11-220: <http://cidoc.marn.gob.sv/documentos/tercera-comunicacion-nacional-de-cambio-climatico-de-el-salvador-2018/>
- MARN 2018. Primer Informe Bienal de Actualización 2018. Encontrado el 30-11-2020 en: https://www.sv.undp.org/content/el_salvador/es/home/library/environment_energy/primer-informe-bienal-de-actualizacion.html
- MARN S.F. Paquete de Preparación REDD+ MbA de El Salvador para el Fondo Cooperativo del Carbono Forestal. Ministrerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 100 pp. Encontrado el 30-11-2020: <https://www.forestcarbonpartnership.org/system/files/documents/Documento%20R%20Package%20El%20Salvador%20Julio%2024%20Espa%C3%B1ol.pdf>
- Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). *Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. Remote Sensing of Environment*, 148, 42-57. Obtenido de <http://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
- Van Wagner CE. 1968. *The line intersect method in forest fuel sampling. Forest Science*. Volume 14. Number 1. Pp. 20-26.

Anexos

Anexo 1. Tasas de deforestación y reforestación por categoría IPCC y subcategoría sin/ con cobertura de árboles

Tabla 1. Tasa de deforestación entre 2001-2011 para cada tipo de bosque, estado de degradación hacia las clases de No-Bosque de IPCC separada por cobertura sin/con árboles. BLN = Bosque Latifoliado Natural; BCN = Bosque de Coníferas Natural; BG = Bosque de Galería; BS = Bosque salado; BLP = Bosque Latifoliado Plantado; CC = Cultivo de Café. AG = Tierras Agrícolas; PA = Pastizales; AS = Asentamientos; HU = Humedales; OT = Otras Tierras. SA = Sin cobertura de árboles; CA = Con cobertura de Árboles; Int = Intacto; Deg = Degradado; Muy Deg = Muy degradado; Extr Deg = extremadamente Degradado; ZB = Zonas Boscosas.

Deforestación 2001-2011	Clase No-Bosque IPCC con o sin cobertura de árboles													
	AG-SA	AG-CA	PA-SA	PA-CA	AS-SA	AS-CA	HU-SA	HU-CA	OT-SA	OT-CA	2001-2011-CA	2001-2011-SA		
Tipo de Bosque														
BLN-Int	32,871	6,102	8,615	1,571	363	263	88	-	207	-	7,937	42,144		
BLN-Deg	31,731	6,577	6,804	1,667	730	239	80	-	243	8	8,491	39,587		
BLN-Muy Deg	7,083	937	1,747	355	92	28	84	4	36	-	1,324	9,041		
BLN-Extr Deg	495	124	287	64	-	-	-	-	-	-	187	782		
BLN-ZB	2,217	770	762	275	68	20	12	-	-	-	1,065	3,059		
BCN-Int	231	12	64	12	-	-	-	-	-	-	24	295		
BCN-Deg	1,085	235	92	-	-	-	-	-	-	-	235	1,177		
BCN-Muy Deg	367	40	-	-	-	-	-	-	-	-	40	367		
BCN-Extr Deg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
BCN-ZB	56	4	8	-	-	-	-	-	-	-	4	64		
BG-Int	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4		
BG-Deg	8	-	4	-	16	44	-	-	-	-	44	28		
BG-Muy Deg	20	28	-	20	-	-	-	-	-	-	48	20		
BG-Extr Deg	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4		
BG-ZB	20	8	64	-	-	-	36	-	-	-	8	120		
BS-Int	251	8	670	48	-	-	68	8	339	4	68	1,328		
BS-Deg	-	-	76	12	8	4	92	8	36	-	24	211		
BS-Muy Deg	-	-	-	-	8	-	36	-	120	4	4	164		
BS-Extr Deg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
BS-ZB	32	4	28	-	-	-	-	-	-	-	4	60		
BLP-Int	187	8	88	-	-	-	-	-	-	-	8	275		
BLP-Deg	156	28	-	-	-	-	-	-	-	-	28	156		
BLP-Muy Deg	-	-	8	4	-	-	-	-	-	-	4	8		
BLP-Extr Deg	40	-	56	4	-	-	-	-	-	-	4	96		
BLP-ZB	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4		
CC-Int	1,089	148	227	136	375	128	-	-	-	-	411	1,691		
CC-Deg	1,811	108	359	104	674	179	-	-	-	-	391	2,844		
CC-Muy Deg	471	80	104	112	104	44	-	-	4	-	235	682		
CC-Extr Deg	335	4	-	-	96	4	-	-	-	-	8	431		
CC-ZB	48	40	32	8	-	-	-	-	-	-	48	80		
	80,610	15,263	20,097	4,391	2,533	953	495	20	985	16	20,643	104,719		

Tabla 2. Tasa de deforestación entre 2011-2018 para cada tipo de bosque, estado de degradación hacia las clases de No-Bosque de IPCC separada por cobertura sin/con árboles. BLN = Bosque Latifoliado Natural; BCN = Bosque de Coníferas Natural; BG = Bosque de Galería; BS = Bosque salado; BLP = Bosque Latifoliado Plantado; CC = Cultivo de Café. AG = Tierras Agrícolas; PA = Pastizales; AS = Asentamientos; HU = Humedales; OT = Otras Tierras. SA = Sin cobertura de árboles; CA = Con cobertura de Árboles; Int = Intacto; Deg = Degradado; Muy Deg = Muy degradado; Extr Deg = extremadamente Degradado; ZB = Zonas Boscosas.

Deforestación 2011-2018	Clase No-Bosque IPCC con o sin cobertura de árboles													
	B->AG-No	B->PA-No	B->AS-No	B->HU-No	B->OT-No	B->AG-Si	B->PA-Si	B->AS-Si	B->HU-Si	B->OT-Si	CA	SA		
BLN-Int	12,603	2,429	76	-	84	2,090	726	32	-	8	2,856	15,191		
BLN-Deg	11,721	2,728	227	12	100	2,393	861	171	-	-	3,426	14,788		
BLN-Muy Deg	3,601	1,356	148	8	-	818	467	120	-	-	1,404	5,113		
BLN-Extr Deg	355	100	-	-	-	48	-	-	-	-	48	455		
BLN-ZB	1,432	279	44	20	-	794	175	80	-	-	1,049	1,775		
BCN-Int	56	12	-	-	-	8	-	-	-	-	8	68		
BCN-Deg	251	152	-	-	-	56	8	-	-	-	64	403		
BCN-Muy Deg	48	88	-	-	-	16	8	-	-	-	24	136		
BCN-Extr Deg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
BCN-ZB	20	-	-	-	-	8	-	-	-	-	8	20		
BG-Int	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4	-		
BG-Deg	48	-	16	-	-	8	4	20	-	-	32	64		
BG-Muy Deg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
BG-Extr Deg	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4		
BG-ZB	-	-	-	4	-	4	4	-	-	-	8	4		
BS-Int	207	88	-	128	132	64	-	-	4	-	68	554		
BS-Deg	68	48	-	-	72	-	-	-	-	-	-	187		
BS-Muy Deg	-	4	-	-	60	-	20	-	-	-	20	64		
BS-Extr Deg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
BS-ZB	4	16	-	48	12	-	-	-	-	8	8	80		
BCP-Int	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
BCP-Deg	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16		
BCP-Muy Deg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
BCP-ZB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
BLP-Int	168	-	-	-	-	36	-	-	-	-	36	168		
BLP-Deg	128	72	-	-	-	4	4	24	-	-	32	199		
BLP-Muy Deg	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4	-		
BLP-Extr Deg	88	-	-	-	-	12	-	-	-	-	12	88		
BLP-ZB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
CC-Int	702	32	195	-	-	211	-	84	-	-	295	929		
CC-Deg	1,807	279	347	-	-	219	48	168	-	-	435	2,433		
CC-Muy Deg	1,248	239	140	-	-	331	92	120	-	-	542	1,627		
CC-Extr Deg	100	-	36	-	-	-	-	12	-	-	12	136		
CC-ZB	104	40	4	-	-	28	24	48	-	-	100	148		
VegSec2011-Int	1,747	343	-	-	-	199	108	-	-	-	307	2,090		
VegSec2011-Deg	4,084	782	4	-	40	1,001	164	16	-	-	1,181	4,910		
VegSec2011-Muy Deg	1,412	794	-	-	-	279	100	-	-	-	379	2,206		
VegSec2011-Extr Deg	56	-	-	-	-	12	-	-	-	-	12	56		
VegSec2011-ZB	431	128	16	12	-	267	88	-	-	-	355	586		

Tabla 3. Tasa de reforestación entre 2001-2011 para las clases de No-Bosque de IPCC separada por cobertura sin/con árboles hacia cada tipo de bosque, estado de degradación. BLN = Bosque Latifoliado Natural; BCN = Bosque de Coníferas Natural; BG = Bosque de Galería; BS = Bosque salado; BLP = Bosque Latifoliado Plantado; CC = Cultivo de Café; AG = Tierras Agrícolas; PA = Pastizales; AS = Asentamientos; HU = Humedales; OT = Otras Tierras. SA = Sin cobertura de árboles; CA = Con cobertura de Árboles; Int = Intacto; Deg = Degradado; Muy Deg = Muy degradado; Extr Deg = extremadamente Degradado; ZB = Zonas Boscosas.

Reforestación 2001-2011	Clase No-Bosque IPCC con o sin cobertura de árboles																					
	AG-No->B	PA-No->B	AS-No->B	HU-No->B	OT-No->B	AG-Si->B	PA-Si->B	AS-Si->B	OT-Si->B	CA	SA	AG-No->B	PA-No->B	AS-No->B	HU-No->B	OT-No->B	AG-Si->B	PA-Si->B	AS-Si->B	OT-Si->B	CA	SA
BLN-Int	3,494	1,771	-	-	56	475	144	-	4	622	5,320	3,494	1,771	-	-	56	475	144	-	4	622	5,320
BLN-Deg	6,274	3,334	-	-	-	794	351	-	-	1,145	9,608	6,274	3,334	-	-	-	794	351	-	-	1,145	9,608
BLN-Muy Deg	3,003	1,165	40	-	-	467	136	-	12	614	4,208	3,003	1,165	40	-	-	467	136	12	614	4,208	
BLN-Extr Deg	-	219	-	-	-	-	16	-	-	16	219	-	219	-	-	-	-	16	-	16	219	
BLN-ZB	403	299	-	-	28	148	112	-	-	259	730	403	299	-	28	148	112	-	-	259	730	
BCN-Int	72	12	-	-	-	-	-	-	-	-	84	72	12	-	-	-	-	-	-	-	84	
BCN-Deg	223	12	-	-	-	56	8	-	-	64	235	223	12	-	-	-	56	8	-	64	235	
BCN-Muy Deg	156	84	-	-	-	28	8	-	-	36	239	156	84	-	-	-	28	8	-	36	239	
BCN-Extr Deg	140	-	-	-	-	16	-	-	-	16	140	140	-	-	-	-	16	-	-	16	140	
BCN-ZB	4	20	-	-	-	-	-	-	-	-	24	4	20	-	-	-	-	-	-	-	24	
BG-Int	16	4	-	-	-	4	4	-	-	8	20	16	4	-	-	-	4	4	-	8	20	
BG-Deg	52	60	-	-	-	-	24	-	-	24	112	52	60	-	-	-	-	24	-	24	112	
BG-Muy Deg	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	8	-	-	-	-	-	-	-	8	
BG-Extr Deg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BG-ZB	20	48	8	12	12	-	8	-	-	8	100	20	48	8	12	12	-	8	-	8	100	
BS-Int	-	32	-	24	-	4	4	-	-	8	56	-	32	-	24	-	4	4	-	8	56	
BS-Deg	104	80	-	40	-	8	-	-	-	8	223	104	80	-	40	-	8	-	-	8	223	
BS-Muy Deg	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	8	-	-	-	8	
BS-Extr Deg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BS-ZB	-	4	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	4	-	-	-	-	-	4	4	-	
BLP-Int	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	4	
BLP-Deg	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	80	-	-	-	-	-	-	-	-	80	
BLP-Muy Deg	-	-	-	-	-	28	-	-	-	28	-	-	-	-	-	-	28	-	-	28	-	
BLP-Extr Deg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BLP-ZB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CC-Int	72	-	-	-	-	12	-	-	-	12	72	72	-	-	-	-	12	-	-	12	72	
CC-Deg	243	4	20	-	-	20	-	-	4	24	267	243	4	20	-	-	20	-	4	24	267	
CC-Muy Deg	128	-	-	-	-	8	-	-	-	8	128	128	-	-	-	-	8	-	-	8	128	
CC-Extr Deg	60	-	-	-	-	4	-	-	-	4	60	60	-	-	-	-	4	-	-	4	60	
CC-ZB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VegSec2011-Int	6,617	1,567	-	-	-	1,922	455	-	-	2,377	8,184	6,617	1,567	-	-	-	1,922	455	-	2,377	8,184	
VegSec2011-Deg	17,556	3,019	-	-	175	4,770	778	-	-	5,548	20,751	17,556	3,019	-	-	175	4,770	778	-	5,548	20,751	
VegSec2011-Muy Deg	11,578	2,321	-	-	-	2,876	499	-	-	3,374	13,899	11,578	2,321	-	-	-	2,876	499	-	3,374	13,899	
VegSec2011-Extr Deg	885	287	-	-	92	100	12	-	8	120	1,264	885	287	-	-	92	100	12	-	120	1,264	
VegSec2011-ZB	3,095	1,153	32	12	-	1,424	682	-	40	2,146	4,291	3,095	1,153	32	12	-	1,424	682	40	2,146	4,291	
Total	54,272	15,506	100	88	371	13,161	3,238	-	60	16,471	70,337	54,272	15,506	100	88	371	13,161	3,238	60	16,471	70,337	

Tabla 4. Tasa de reforestación entre 2011-2018 para las clases de No-Bosque de IPCC separada por cobertura sin/con árboles hacia cada tipo de bosque, estado de degradación. BLN = Bosque Latifoliado Natural; BCN = Bosque de Coníferas Natural; BG = Bosque de Galería; BS = Bosque salado; BLP = Bosque Latifoliado Plantado; CC = Cultivo de Café. AG = Tierras Agrícolas; PA = Pastizales; AS = Asentamientos; HU = Humedales; OT = Otras Tierras. SA = Sin cobertura de árboles; CA = Con cobertura de Árboles; Int = Intacto; Deg = Degradado; Muy Deg = Muy degradado; Extr Deg = extremadamente Degradado; ZB = Zonas Boscosas.

Reforestación 2011-2018	Clase No-Bosque IPCC con o sin cobertura de árboles												
	AG-No->B	PA-No->B	AS-No->B	HU-No->B	OT-No->B	AG-Si->B	PA-Si->B	AS-Si->B	HU-Si->B	CA	SA		
BLN-Int	1,942	586	-	-	36	662	140	-	-	802	2,564		
BLN-Deg	6,289	1,607	48	32	36	1,635	347	32	4	2,018	8,012		
BLN-Muy Deg	2,880	359	-	-	-	507	104	-	-	610	3,238		
BLN-Extr Deg	-	8	-	-	-	-	4	-	-	4	8		
BLN-ZB	367	267	8	28	16	120	36	4	-	160	686		
BCN-Int	4	8	-	-	-	4	-	-	-	4	12		
BCN-Deg	80	24	-	-	-	4	4	-	-	8	104		
BCN-Muy Deg	331	56	-	-	-	60	8	-	-	68	387		
BG-Int	-	24	-	-	-	-	32	-	-	32	24		
BG-Deg	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4		
BG-ZB	-	8	-	8	-	4	4	-	-	8	16		
BS-Int	48	-	-	76	8	8	-	-	8	16	132		
BS-Deg	124	44	24	-	96	12	16	-	-	28	287		
BS-Muy Deg	-	32	-	-	-	-	-	-	-	-	32		
BLP-Deg	8	-	-	-	-	4	-	-	-	4	8		
BLP-Muy Deg	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4		
BLP-Extr Deg	-	88	-	-	-	-	-	-	-	-	88		
CC-Int	28	4	-	-	-	8	-	-	-	8	32		
CC-Deg	171	32	16	-	-	36	-	8	-	44	219		
CC-Muy Deg	52	28	36	-	-	8	-	4	-	12	116		
CC-Extr Deg	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32		
CC-ZB	8	-	-	-	-	8	-	4	-	12	8		
VegSec2011-Int	550	199	-	-	-	152	84	-	-	235	750		
VegSec2011-Deg	2,273	411	-	-	16	463	84	-	-	546	2,700		
VegSec2011-Muy Deg	730	80	-	-	-	191	20	-	-	211	810		
VegSec2011-Extr Deg	92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92		
VegSec2011-ZB	160	44	-	-	-	100	28	-	-	128	203		
VegSec2018-Int	2,309	495	-	-	-	1,125	291	-	-	1,416	2,804		
VegSec2018-Deg	10,206	1,268	-	-	199	4,204	690	-	-	4,894	11,674		
VegSec2018-Muy Deg	10,609	662	-	-	8	2,796	239	-	-	3,035	11,279		
VegSec2018-Extr Deg	630	164	-	-	-	88	20	-	-	108	794		
VegSec2018-ZB	1,527	203	-	-	8	1,332	227	-	-	1,559	1,739		
Total	41,450	6,708	132	144	423	13,528	2,377	52	12	15,969	48,856		

Anexo 2. Distribución porcentual de los reservorios de biomasa en cada tipo de bosque y su estado de degradación, de acuerdo con el INB.

Tipo de Bosque	Estado	AGB	Raíces	MM	Hojarasca	Herbaceas
Bosque Latifoliado	Int	72 %	16 %	7 %	3 %	0.2 %
	Deg	69 %	15 %	10 %	3 %	0.3 %
	Muy Deg	71 %	16 %	2 %	5 %	0.4 %
	Extr Deg	67 %	15 %	7 %	4 %	0.7 %
Bosque de Coníferas	Int	75 %	15 %	6 %	3 %	0.0 %
	Deg	76 %	15 %	4 %	3 %	0.0 %
	Muy Deg	69 %	16 %	4 %	7 %	0.5 %
	Extr Deg	49 %	13 %	27 %	6 %	0.0 %
Bosque Salado	Int	55 %	30 %	11 %	0 %	0.0 %
	Deg	50 %	25 %	16 %	1 %	0.0 %
	Muy Deg	51 %	34 %	6 %	0 %	0.0 %
	Extr Deg	36 %	40 %	4 %	0 %	0.0 %
Cafetal Bajo Sombra	Int	75 %	14 %	7 %	2 %	0.1 %
	Deg	70 %	14 %	9 %	6 %	0.4 %
	Muy Deg	71 %	15 %	10 %	3 %	0.1 %



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

www.marn.gob.sv | medioambiente@marn.gob.sv

