



GOBIERNO *de*
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GIAMMATTEI

NREF

Nivel de
Referencia
de Emisiones/
absorciones
Forestales

Guatemala, año 2022

**NIVEL DE REFERENCIA
DE EMISIONES /
ABSORCIONES
FORESTALES DE LA
REPÚBLICA DE
GUATEMALA**

Ciudad de Guatemala

Febrero de 2022

Propuesta

Nivel de Referencia Forestal de Guatemala

EQUIPO TÉCNICO REVISOR:

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Ing. Agr. Ciriaco Antonio Urrutia
Ing. Agr. Kenset Amaury Rosales
Ing. Agr. Flor Maria Calderón
Ing. Agr. Jenny Vasquez
Ing. Agr. Claudia Cecilia Saput Coj
Ing. Agr. Edgar Ulises Armas

Instituto Nacional de Bosque (INAB)

Ing. Ftal. Antonio Guoron
Blga Rosa Sunum
Ing. Agr. Isi Guerra

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)

Ing. Agr. Candida Tacam
Ing. Agr. Mariano Martínez

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)

Blga. Mónica Barillas
Ing. Agr. Malin George

EQUIPO TÉCNICO DE LA FAO:

Ing. Agr. Jorge Morfin
M.Sc Carla Ramírez Zea
Ing. Agr. José López Par

Este documento fue elaborado en el marco del proyecto GCP/GUA/031/GCR: “Generación y preparación de información para la formulación de propuestas de financiamiento para el sector agricultura, silvicultura y otros usos (AFOLU, por sus siglas en inglés) en Guatemala, con financiamiento del fondo verde para el clima. y la revisión de estilo en el marco del proyecto GCP/GUA/030/ROK, “Adaptación de comunidades rurales, a la variabilidad y cambio climático para mejorar su resiliencia y medios de vida, en Guatemala”

SIGLAS Y ACRONIMOS:

AFOLU	Agricultura, bosques y otro usos de la tierra, por sus siglas en inglés
AP	Acuerdo de París sobre Cambio Climático
BM	Banco Mundial
BUR	Informe Bienal de Actualización, por sus siglas en inglés
BTR	Informe Bienal de Transparencia, por sus siglas en inglés
CO ²	Dióxido de carbono
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
COP	Conferencia de las Partes
DA	Datos de actividad
CN	Comunicación Nacional
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, por sus siglas en inglés
FC	Fondo de Carbono
FCPF	Fondo Colaborativo de los Bosques, por sus siglas en inglés
FE	Factores de emisión
FVC	Fondo verde del clima
GIMBUT	Grupo interinstitucional de bosques y uso de la tierra
IFN	Inventario Forestal Nacional
INAB	Instituto Nacional de Bosques
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
INGEI	Inventario nacional de gases de efecto invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático

MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MTR	Marco de Transparencia Reforzado
MRV	Monitoreo, reporte y verificación
NDA	Autoridad nacional designada, por sus siglas en inglés
NDC	Contribuciones determinadas a nivel nacional, por sus siglas en inglés
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PANCC	Plan de Acción Nacional para la Adaptación y Mitigación al Cambio Climático
PPFVC	Programa de país para el fondo verde del clima
PPM	Parcelas permanentes de muestreo
PRE	Programa para la reducción de emisiones
REDD+	Reducción de emisiones por la deforestación y degradación de los bosques
REL/FREL	Niveles de referencia de emisiones forestales
SIGFUA	Sistema de Información Forestal de Guatemala
SNICC	Sistema Nacional de Información de Cambio Climático
UVG	Universidad del Valle de Guatemala

INDICE DE CONTENIDO:

<u>1. INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>1</u>
<u>2. ANTECEDENTES</u>	<u>5</u>
2.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL MECANISMO REDD+ EN GUATEMALA	5
2.2. EL NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL EN EL MARCO DEL EL SISTEMA NACIONAL DE MONITOREO REPORTE Y VERIFICACIÓN PARA REDD+.....	26
<u>3. MARCO DEL NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL</u>	<u>38</u>
3.1. ÁREA Y ESCALA DEL NREF/NRF DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA.....	39
3.2. DEFINICIÓN DE BOSQUE	44
3.3. CATEGORÍAS DE TIERRAS FORESTALES Y USOS DE LA TIERRA EN EL NREF/NRF	46
3.4. ACTIVIDADES REDD+ INCLUIDAS	52
3.5. RESERVORIOS Y GASES INCLUIDOS.....	60
3.6. PERIODO DE REFERENCIA PARA DEFORESTACIÓN, DEGRADACIÓN E INCREMENTOS DE RESERVAS DE CARBONO.	64
<u>4. NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL POR DEFORESTACIÓN, DEGRADACIÓN Y AUMENTO EN EXISTENCIAS DE CARBONO DE 2006 A 2016.</u>	<u>65</u>
4.1. INFORMACIÓN Y MÉTODOS USADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES Y EL NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL DE 2006 A 2016.	65
4.1.1. DATO DE ACTIVIDAD PARA DEFORESTACIÓN, DEGRADACIÓN Y AUMENTO DE EXISTENCIAS DE CARBONO.....	69
4.1.1.1. DISEÑO DE LA MALLA Y TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA EL MUESTREO SISTEMÁTICO.....	70
4.1.1.2. MÉTODOS DE INTERPRETACIÓN VISUAL Y COLECTA DE DATOS PARA EL MUESTREO DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD.	72

4.1.1.3. MÉTODOS, RESULTADOS E INCERTIDUMBRE ASOCIADA DEL ÁREA DE DEFORESTACIÓN, DEGRADACIÓN Y AUMENTO DE EXISTENCIAS	83
4.1.2. FACTORES DE EMISIÓN Y ABSORCIÓN	87
4.1.2.1. FACTORES DE EMISIÓN PARA LA DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN	87
4.1.2.1.1 RECOPIACIÓN E INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO EN LOS BOSQUES DE GUATEMALA PARA EL MAPA DE ESTRATOS DE CARBONO	88
4.1.2.1.2. MAPA DE CARBONO A NIVEL NACIONAL Y SUS ESTRATOS DE CARBONO EN LAS TIERRAS FORESTALES PARA EL CONTENIDO PREVIO A LA DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN.	90
4.1.2.1.3. DENSIDADES DE CARBONO EN LOS USOS DE SUELOS POSTERIOR A LA DEFORESTACIÓN	96
4.1.2.1.4. FACTORES DE EMISIÓN POR DEFORESTACIÓN.....	97
4.1.2.1.5. FACTORES DE EMISIÓN POR DEGRADACIÓN.....	98
4.1.2.2. FACTORES DE ABSORCIÓN POR RECUPERACIÓN DE BOSQUES DEGRADADOS Y ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES.....	99
4.1.2.2.1 FACTORES DE ABSORCIÓN POR RECUPERACIÓN DE LA DEGRADACIÓN.....	100
4.1.2.2.2 FACTORES DE ABSORCIÓN POR PLANTACIONES FORESTALES BAJO MANEJO FORESTAL.....	101
A) INCREMENTO MEDIO ANUAL (IMA) PARA PLANTACIONES FORESTALES DE CONÍFERAS Y LATIFOLIADAS	102
4.2. NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN 2006-2016 DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA.....	105
4.2.1. ENFOQUE Y MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE CO ₂ EQ POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN EN EL PERIODO 2006-2016	105
4.2.2. EMISIONES HISTÓRICAS DE CO ₂ EQ PARA DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN EN PERIODO 2006-2016	109
4.3. NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL POR EL AUMENTO DE EXISTENCIAS DE CARBONO DE 2006-2016 DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA.....	109
4.3.1. ENFOQUE Y MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS ABSORCIONES DE CO ₂ EQ ZONAS DEGRADADAS QUE SE RECUPERARON DE 2006-2016	110
4.3.2. ENFOQUE Y MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS ABSORCIONES DE CO ₂ EQ POR PLANTACIONES FORESTALES DE 2006-2016.....	110

4.3.3. ABSORCIONES HISTÓRICAS DE CO ₂ EQ POR EL AUMENTO DE EXISTENCIAS DE CARBONO EN EL PERIODO 2006-2016.....	112
4.4. PROPAGACIÓN DEL ERROR E INCERTIDUMBRE DEL NIVEL DE REFERENCIA FORESTALES/NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA	113
<u>5. INFORMACIÓN TRANSPARENTE, COMPLETA, CONSISTENTE Y EXACTA DEL NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA.....</u>	<u>130</u>
5.1. TRANSPARENCIA Y COMPLETITUD.....	130
5.3. CONSISTENCIA	135
5.4. EXACTITUD	136
<u>6. ÁREAS DE AVANCES Y MEJORA GRADUAL DEL NRF</u>	<u>138</u>
<u>7 . BIBLIOGRAFIA</u>	<u>141</u>

INDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Principales instituciones para la implementación del mecanismo REDD+ en Guatemala (Fuente: GCI 2020 y 2019).	11
Tabla 2: Roles de los grupos e instituciones que implementan el MRV REDD+. (Fuente: GCI 2020, 2019).....	32
Tabla 3: Instituciones que conforman el GIMBUT y su contribución al MRV REDD+ (Fuente GCI 2020).	33
Tabla 4: Indicadores y sus parámetros de la definición de bosque en diferentes insumos, herramientas y reportes en el sector UTCUTS en la República de Guatemala.....	45
Tabla 5: Categorías de tierras IPCC (Nivel 1), clases de cobertura forestal y usos (Nivel 2) y subclases de cobertura forestal y usos (Nivel 3) con su correspondencia jerárquica que se usan para identificar la cobertura de bosque, uso de la tierra y su dinámica de cambio. ..	51
Tabla 6: Dinámica de la deforestación y sus conversiones a otros usos de la tierra.	55
Tabla 7: Reservorios contabilizados en el NREF/NRF.....	62
Tabla 8: Se indican los gases incluidos en el NREF	64
Tabla 9: Relación entre las categorías de uso de la tierra a nivel del IPCC (2006) y la cobertura dominante de los elementos encontrados en la parcela.	77
Tabla 10: Tipo de cambio a nivel del IPCC.....	79
Tabla 11: Principales resultados de su área e incertidumbre asociada de las conversiones por deforestación de las categorías IPCC en el NREF/NRF de Guatemala en el periodo de 2006 a 2016.	85
Tabla 12: Principales resultados de su área e incertidumbre asociada a los datos de actividad en las permanencias forestales por degradación y recuperación de la degradación (incrementos en existencias de carbono) en el NREF/NRF de Guatemala en el periodo de 2006 a 2016.	86
Tabla 13: Número de parcelas por tamaño de parcela (Fuente: Gómez Xutuc 2017).	88
Tabla 14. Ecuaciones alométricas utilizadas para la cuantificación de la biomasa por encima del suelo (Fuente: Gómez Xutuc 2017).	89

Tabla 15. Ecuaciones utilizadas para la estimación de biomasa por debajo del suelo (Fuente: Gómez Xutuc 2017).	89
Tabla 16. Grupos formados a partir del análisis de k muestras (Kruskal-Wallis) (Fuente: Gómez Xutuc 2017).	91
Tabla 17. Agrupación de las muestras en diferentes estratos (Fuente: Gómez Xutuc 2017).	91
Tabla 18.. Estratos asignados a los horizontes con valores insuficientes (Fuente: Gómez Xutuc 2017).....	92
Tabla 19. Valores de carbono obtenido para cada estrato (Fuente: Gómez Xutuc 2017)...	94
Tabla 20. Número de parcelas en de las categorías de las tierras forestales deforestadas con sus clases y subclase del DA, y su estrato de carbono asignado espacialmente para su contenido de carbono previo a la deforestación.	95
Tabla 21. Existencias de carbono en la biomasa posterior a la conversión por deforestación.	97
Tabla 22. Tipo de conversión por deforestación y sus factores de emisión	98
Tabla 23. Factores de emisión para degradación en permanencias forestales por estrato de carbono y su número de parcelas degradadas.	99
Tabla 24: Los factores de absorción en permanencias forestales, para cada estrato de carbono degradado, que incrementa el contenido de carbono en sus parcelas recuperadas de la degradación	100
Tabla 25. Incremento Medio anual para las plantaciones forestales del NREF/NRF.....	102
Tabla 26.. Factores de absorción de plantaciones de coníferas y latifoliadas; y sus parámetros empleados para su estimación.	104
Tabla 27. Estimación de emisiones por tipo de conversión detectada en la deforestación y degradación.	108
Tabla 28. Nivel de referencia de deforestación y degradación en el periodo 2006-2016 para la Republica de Guatemala.	109
Tabla 29. Estimación de absorciones anuales por conversión de estrato de carbono recuperado de la degradación en el periodo del NRF.	110

Tabla 30: Absorciones de otras tierras forestales a plantaciones en el periodo de referencia	111
Tabla 31. Aumento de existencias en superficie y absorciones de CO ₂ por año, en periodo del NREF/NRF por plantaciones forestales.....	112
Tabla 32. Nivel de Referencia Forestal de aumento de existencias de carbono por las Absorciones de CO ₂ e anuales promedio de la República de Guatemala.	113
Tabla 33. Parámetros usados para la simulación de monte carlo de los contenidos de carbono en los bosques por estrato y por tamaño de parcela (Fuente: Gómez Xutuc, 2017)	116
Tabla 34. Parámetros usados para la simulación de los incrementos de contenido de carbono en las plantaciones forestales.	118
Tabla 35. Parámetros usados de la distribución normal de los DA para el área (Ha) de las actividades REDD+ de deforestación y degradación de la malla sistemáticas de muestreo.	119
Tabla 36. Parámetros usados de la distribución normal de los DA para el área (Ha) de las actividades REDD+ de incrementos de existencias de carbono por recuperación de la degradación y el cambio de otras tierras a plantaciones forestales de la malla sistemática de muestreo.	120
Tabla 37. incertidumbre de los estratos de carbono Contenidos de carbono (Ton C/Ha) e	120
Tabla 38. Incertidumbre del uso de tierra no forestal posteriores a la deforestación.	121
Tabla 39. Incertidumbre de los factores de emisión/absorción (Ton C/Ha) de la deforestación, degradación y recuperación de la degradación.	122
Tabla 40. Incertidumbre de los Factores de absorción (Ton C ha ⁻¹ año ⁻¹) para las plantaciones de coníferas y latifoliadas.	123
Tabla 41. Incertidumbre de los datos de actividad de deforestación y degradación. 37 ..	124
Tabla 42. Incertidumbre de los datos de actividad para los incrementos de existencias de carbono.....	125

Tabla 43. Incertidumbre de las emisiones de carbono de deforestación por tipo de conversión	126
Tabla 44. Incertidumbre de la degradación por tipo de conversión.....	127
Tabla 45. Incertidumbre de los aumentos de existencias de carbono por tipo de conversión.	128
Tabla 46. Incertidumbre de las emisiones/absorciones por degradación, deforestación y el incremento por existencias de carbono del NREF/NRF de la República de Guatemala. ...	128
Tabla 47. Información de acceso público para la construcción de NREF/NRF de Deforestación, Degradación y de Incremento de Existencias de Carbono de 2006 a 2016 de la República de Guatemala, en el portal del SNICC en su MRV REDD+ del NREF/NRF.	132
Tabla 48. Contribución potencial de las emisiones por deforestación y degradación de depósitos no incluidos y gases no CO ₂ por incendios forestales.	134

INDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Tipos y subtipos de bosques en la república de Guatemala del mapa de cobertura forestal 2012 (MARN 2021, INAB-CONAP 2015).....	6
Figura 2: Balance de carbono del sector de Uso de la tierra Cambio de Uso y Silvicultura de 1990 a 2016. Fuente: MARN, SGCCC y PNUD 2021.....	9
Figura 3: Marco estratégico de la Estrategia Nacional REDD+ de Guatemala (Fuente: GCI, 2020).....	15
Figura 4: Proyectos REDD+ existentes y en diseño. (Fuente: GCI, 2020).....	18
Figura 5: Arreglos institucionales para la operación del MRV REDD+. (Fuente: GCI, 2020)	31
Figura 6: Cobertura de bosque y el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP).	39
Figura 7: Propuesta de zonificación productiva sustentable para la armonización del paisaje productivo forestal (Fuente: GCI 2020).....	41
Figura 8: Malla sistemática de muestreo de puntos a nivel nacional para la medición y monitoreo de la cobertura forestal, uso de la tierra y cambio de uso.	71
Figura 9: Parcelas de muestreo para la interpretación visual de las categorías de la tierra y su dinámica.....	72
Figura 10: Visualización de las imágenes para la interpretación multitemporal en Collect Earth	74
Figura 11: Formulario para determinar de la dominancia de los elementos en una parcela de la malla de muestreo en una tierra de cultivo que cambia a tierra forestal usando imágenes de alta resolución.....	76
Figura 12: Formulario del uso de tierra y la información del sensor usado para su interpretación visual.....	76
Figura 13: Comprobación del cumplimiento de que los elementos de árboles pertenecen a una tierra forestal en función de la definición de bosque.	78
Figura 14: Variables colectadas para caracterizar las conversiones a nivel de IPCC para el cambio de uso de la tierra en Collect Earth.	80
Figura 15: Registro del año de cambio e información del sensor con el cual fue detectado en Collect Earth	81

Figura 16. Comparación de cada estrato con respecto a la mediana, media ponderada y la estimación de monte carlo (Ton C/Ha)	93
Figura 17.. Mapa de estratos de carbono de Guatemala (GIMBUT 2017).....	94
Figura 18. Malla de muestreo de los datos de actividad y su estrato de carbono asignado.	107
Figura 19. Pasos del Método de Montecarlo (Fuente: IPCC 2006)	115

1. INTRODUCCIÓN

La República de Guatemala se ha caracterizado a lo largo de su historia por sus componentes fisiográficos, biológicas y culturas que lo sitúan como un país con una alta diversidad de especies y ecosistemas forestales, siendo uno de los países megadiversos del mundo, y en consecuencia también un país con una alta riqueza cultural (CONAP 2008) en especies de flora y fauna que son fundamentales en la vida de sus habitantes como un valioso recurso natural y cultural. Desde las primeras referencias históricas a su territorio, se menciona la importancia de sus ecosistemas forestales, y se encuentra implícito en el nombre del país, “lugar de muchos árboles, lugar de bosque o sitio boscoso”, que proviene de la interpretación de la palabra náhuatl de *Quauhtemallan* (FUCUDE 2004).

No obstante, debido a estas condiciones, también el país es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, presentando en las últimas décadas, fenómenos hidrometeorológicos extremos (fenómenos del niño y la niña) con una mayor incidencia de tormentas tropicales y huracanes, y, por otro lado, la presencia de sequías persistentes en varias zonas del país, que ocasionan un creciente impacto económico y pérdidas ambientales significativas. Siendo los grupos indígenas, los agricultores de subsistencia, los manejadores de sus bosques y dentro de estos grupos en mayor medida, las mujeres y los niños (CONADUR y SEGEPLAN 2014).

Guatemala no contribuye significativamente a las emisiones de GEI a nivel mundial, pero se encuentra sufriendo los efectos del cambio climático, por lo cual es una prioridad nacional la adaptación y avanzar con la mitigación con enfoque de adaptación al cambio climático reduciendo la vulnerabilidad del país.

De 1990 a 1994 la Primera Comunicación... y 2000 a 2005 en la Segunda Comunicación Nacional presentada ante la CMNUCC, el balance de carbono del país aún no contabilizaba emisiones netas, debido a la contribución de los bosques en la absorción (remoción) de CO₂-eq del sector de Uso de Suelo Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (UTCUTS), pero en años recientes (2010 a 2016) con lo reportado en la Tercera Comunicación Nacional, el Inventario

Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) tiene un aumento significativo de emisiones brutas, y comienza a reportar en su balance de carbono emisiones netas (MARN, SGCCC, y PNUD 2021; MARN 2015).

El incremento en emisiones de GEI en las últimas décadas es en consecuencia a una disminución de la cantidad y calidad de los bosques, afectando su resiliencia, debido a procesos de deforestación y degradación, que ocurren por un alto crecimiento de una población con una profunda problemática histórica de desigualdad económica y social, que ejerce una alta presión debido a una limitada capacidad de gestión, restauración y conservación de sus bosques (CONADUR y SEGEPLAN 2014).

La problemática de cambio climático y el papel de los bosques, es históricamente reconocida por la República de Guatemala, siendo uno de los primeros países en firmar el 13 de junio de 1992 para ser parte de la Convención Marco de Naciones Unidas para Cambio Climático, ratificando su entrada en vigor como país el 15 de diciembre de 1995 (Decreto Legislativo 15-95). Para asumir su responsabilidad ante el cambio climático y participar en la acción global mediante compromisos internacionales, y cumplir el propósito de la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera, a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático, y un plazo que no amenace la adaptación de los ecosistemas al cambio climático y que asegure la producción de alimentos y el desarrollo económico sostenible (Artículo 2, CMNUCC). También el país entró en el Protocolo de Kioto en 1997 y se ratificó en 1999 (Decreto legislativo 23-99).

Guatemala reafirmó sus compromisos adoptando al Acuerdo de París en diciembre de 2015 en la vigésima primera conferencia de las partes (COP 21) de la CMNUCC, firmado en 2016 y ratificando el 2017¹, para incrementar la respuesta ante el cambio climático, y realizar un esfuerzo de mayor ambición por todos los países, con el compromiso de mantener el aumento de la temperatura por debajo de los 2° y no sobrepasar los 1.5°, así como,

¹ http://sgccc.org.gt/wp-content/uploads/2017/04/acuerdo-de-paris-.public_170407111916_0001.pdf

aumentar la capacidad de adaptación al cambio climático con acciones coordinadas de adaptación y mitigación.

Para reafirmar el compromiso de realizar una acción colectiva reforzando el acuerdo de París, y cumplir el artículo 2 de la CMNUCC, Guatemala presentó y comunicó en 2015 su contribución nacionalmente determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) siendo sus principales compromisos, acciones y metas internacionales y nacionales de adaptación² y mitigación.

Los bosques en el sector UTCUTS juegan un importante papel en el balance del carbono del país como una de las fuentes principales de emisiones, pero también de remociones, como parte de la resiliencia que mantiene el país ante el cambio climático (MARN, SGCCC, y PNUD 2021) y por lo tanto las acciones de mitigación en este sector son fundamentales. Es por esto, que el país ha establecido el mecanismo de reducción de emisiones derivadas de la deforestación y degradación de los bosques (REDD+), impulsado por la CMNUCC, como el principal instrumento en el sector UTCUTS que contribuirá significativamente para cumplir las metas de mitigación de sus NDC (MARN 2021)

El mecanismo REDD+ en Guatemala se ha venido desarrollando en conformidad con la decisión 1/CP.16, párrafo 70, de la CMNUCC, sobre la reducción de emisiones e incremento de remociones de GEI en bosques, como el enfoque de políticas, planes, programas, proyectos, iniciativas, acciones e incentivos orientados a las actividades REDD+, para las reducciones de las emisiones derivadas de la deforestación y degradación de los bosques, la conservación de las reservas forestales de carbono, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las existencias forestales de carbono.

Con el fin de realizar la completa implementación de REDD+ a nivel nacional, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) del Gobierno de Guatemala como punto focal REDD+ ante la CMNUCC, y con el apoyo del Grupo de Coordinación Interinstitucional para

²<https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Guatemala%20First/Gobierno%20de%20Guatemala%20INDC-UNFCCC%20Sept%202015.pdf>

el Manejo sustentable de los recursos naturales (GCI) y el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (GIMBUT), presenta el Nivel de Referencia de emisiones Forestales de las actividades REDD+, de deforestación y degradación de bosques, y el Nivel de Referencia Forestal de la actividad del aumento de existencias forestales de carbono (NREF/NRF), para ser sometido al proceso de evaluación técnica (13/CP.19 en su anexo).

El NREF/NRF se presenta de manera voluntaria para medir el desempeño de las actividades REDD+ (Decisión 1/CP.16, párrafo 70) y obtener pago por resultados derivados de las reducciones de emisiones por las acciones REDD+, bajo las directrices del Marco de Varsovia sobre REDD+ y en conformidad con las decisiones 9/CP.19, 13/CP.19, 14/CP.19 y el Artículo 5 del Acuerdo de París. El NREF/NRF de Guatemala es nacional y será la base para medir el desempeño de mitigación del sector UTCUTS en la implementación de REDD+ para medir el cumplimiento de las NDC a 2030.

El presente NREF/NRF se construyó siguiendo a las directrices para la presentación de los NREF/NRF del anexo de la decisión 12/CP.17, en sus incisos a, b, d y e, que contempla el enfoque de mejora gradual del NREF/NRF y utilizando los métodos más recientes del IPCC conforme a la decisión 4/CP.15. En el proceso se usó la información más completa, consistente y exacta disponible para el país de acuerdo con sus circunstancias nacionales, tomando en cuenta el marco de transparencia reforzada del París, para poder reportar en función del NREF/NRF a nivel nacional, los progresos en los compromisos de mitigación (NDC) de la República de Guatemala en el sector UTCUTS.

2. ANTECEDENTES

2.1. Situación actual del Mecanismo REDD+ en Guatemala

La República de Guatemala se encuentra al norte del istmo centroamericano con una extensión de 10,888,900 hectáreas con un gradiente altitudinal amplio que va del nivel del mar hasta los 4,211 msnm y una precipitación pluvial que va desde 500 mm a 6000 mm. Tiene un origen geológico antiguo, con una ubicación entre dos reinos biogeográficos (holártico y neotropical) y cadenas montañosas (con orientación oeste-este) que ocasionan una ocurrencia de diversos tipos de clima, suelos y paisajes en su territorio (MARN 2021, CONAP 2008).

Esta interacción de características hace que Guatemala contenga una alta diversidad de especies (14,997 especies de flora y fauna), ecosistemas y un alto endemismo (5.6% de todas las especies), lo que hace que pertenezca a la región mesoamericana que se considera megadiversa. La diversidad biológica se refleja en sus bosques donde se ha identificado espacialmente en el territorio, hasta 5 tipos bosques y 14 subtipos de bosques (Figura 1), y en ellos se han identificado 10 317 especies de flora, de las cuales 8% son endémicas, y se conoce que se utilizan aproximadamente, 726 especies forestales maderables y 155 no maderables (CONAP 2010, INAB-CONAP 2015) (Figura 1). Debido a esta importancia biológica y su historia de uso de los recursos forestales, ha sido prioritaria su conservación, y se ha establecido en el territorio nacional el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), con el fin de proteger los bienes y servicios ecosistémicos que proveen los bosques.

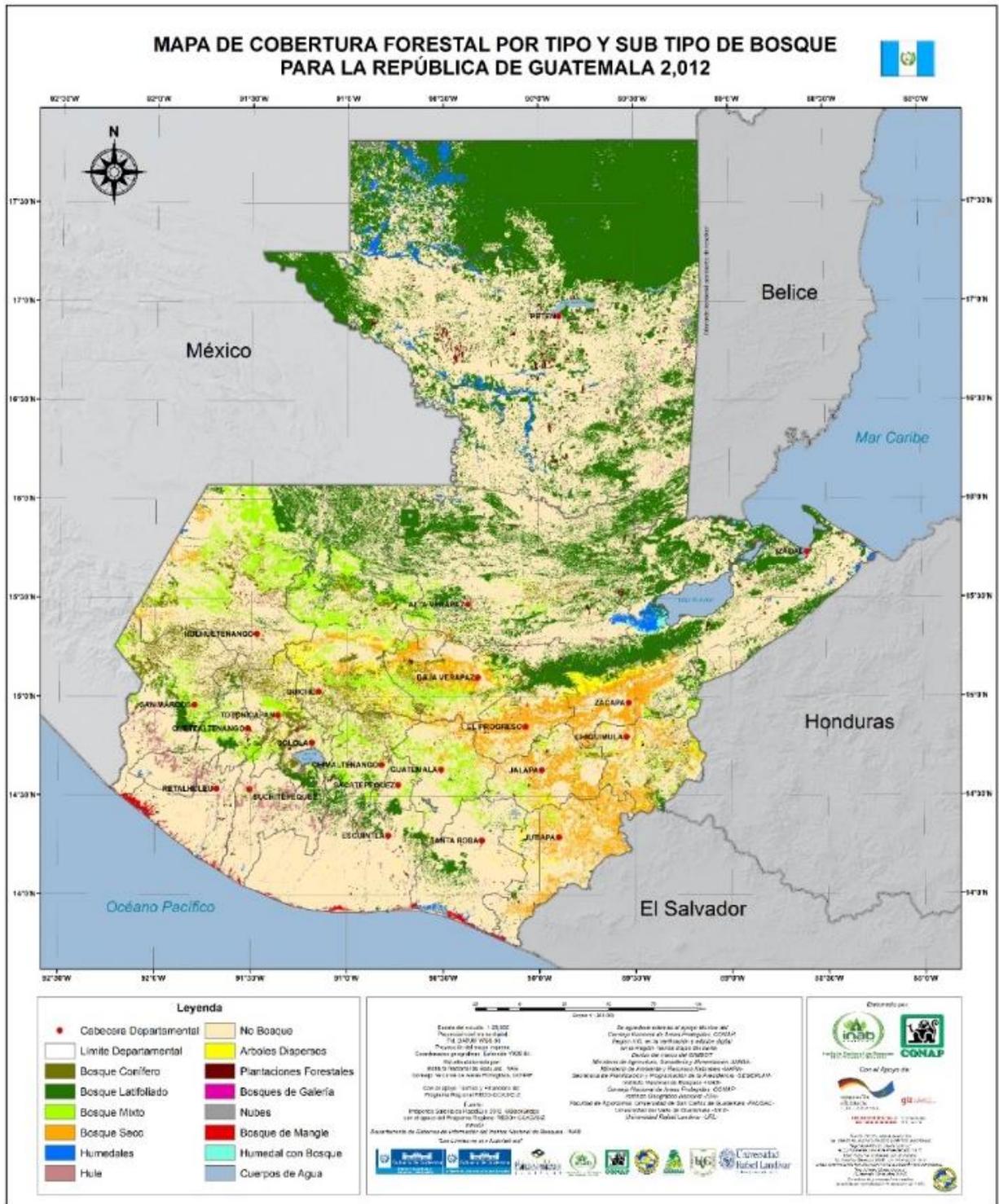


Figura 1: Tipos y subtipos de bosques en la república de Guatemala del mapa de cobertura forestal 2012 (MARN 2021, INAB-CONAP 2015)

Los bosques en Guatemala son económicamente una importante aportación en el abastecimiento de productos forestales maderables para el mercado interno de la industria forestal y en segunda estancia algunos productos maderables van al mercado internacional. De 2016 a 2020 se ha mantenido una producción maderable promedio de 2.16 millones de m³ y en el año 2017 se ha estimado que su huella económica (cadena de producción y beneficios asociados) puede llegar a representar hasta el 5.6% de producto interno bruto del país (INAB 2020, INAB 2019). Esta producción se deriva en un 88% de plantaciones comerciales y sistemas agroforestales (SAF), y en un 12% del manejo forestal en bosques naturales (INAB 2020). Para el aprovechamiento forestal en el país, ha sido clave el apoyo en su implementación de los programas de incentivos forestales (PINFOR, PINPEP Y PROBOSQUE) que se realizan desde 1998 hasta la actualidad, los cuales han generado empleo, y establecido masas forestales bajo manejo forestal sostenible, protección, restauración y plantaciones comerciales, que aumentan el valor de los bosques con el fin de evitar la deforestación y degradación en estas áreas (INAB 2019).

El aprovechamiento forestal maderable también es una importante actividad en las áreas protegidas del país, que se realiza principalmente en bosques naturales bajo modelos de manejo forestal sostenible exitosos, que cuentan con certificación internacional, y que han demostrado tener aportes económicos significativos para los manejadores del bosque, y han sido clave para un mejor cumplimiento de los objetivos de conservación y protección de las áreas protegidas (CONAP 2020, Dionisio 2019).

Si bien, se han realizado importantes esfuerzos de conservación, restauración y manejo forestal sostenible, los bosques tienen una gran presión, ya que se encuentran en un contexto de un país con una población de 14,901,286 habitantes (53.9% urbana y el 46.1% rural), y un crecimiento poblacional promedio del 1.8% anual³ (2002-2019), distribuidos en 22 departamentos y 340 municipios, con una economía que crece en un 3.3% promedio,

³ <https://www.censopoblacion.gt/cuantossomos>

con respecto a su producto interno bruto⁴ (PIB) (2002-2020), lo que la convierte en una de las mayores economías de la región de Centroamérica, con una alta demanda para las actividades agropecuarias que avanzan sobre los bosques. No obstante, también existe una profunda desigualdad social, donde incide la pobreza en el 86.6% de la población indígena y en el 87.5% de la población en zonas rurales⁵, grupos de la población que representan en su mayoría a los habitantes de las zonas boscosas en Guatemala. Es por esto, que existe también una alta presión a los bosques en la demanda de leña para la cocción de alimentos y calefacción, que proviene en un 85% de hogares rurales y de la población indígena como una fuente principal de energía, con un consumo anual aproximado de 16 millones de toneladas de leña.

La presión sobre los bosques en Guatemala hace que el sector de Uso de Suelo, Cambio de Uso del suelo y Silvicultura (UTCUTS) sea una importante fuente emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en el país. La Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Guatemala (3CNCC), reporta para el año 2016, que UTCUTS emitió 30 724.1 Gg de CO₂-eq emisiones brutas, estas representan el 51.9% de las emisiones brutas de todos los sectores en el país, y se deben a los procesos de deforestación y la degradación de bosques (MARN, SGCCC, y PNUD 2021).

Por otro lado, el sector UTCUTS en el balance de emisiones en el país es fundamental, ya que es el sector responsable de mantener la resiliencia en la concentración de GEI en la atmósfera, por tener una gran capacidad de absorber CO₂ en los sumideros de carbono de sus bosques, con remociones brutas en 2016 de -27 639.1 Gg de CO₂-eq derivadas del establecimiento de nuevos bosques por la regeneración natural, plantaciones forestales y también de la recuperación de zonas degradadas. De tal manera que en el balance de emisiones en el país, la contribución de emisiones GEI neta del sector UTCUTS es menor,

⁴ <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?locations=GT>

⁵ <http://desarrollohumano.org.gt/estadisticas/estadisticas-pobreza-y-desigualdad/indice-de-pobreza-multidimensional-segun-nivel-de-privaciones-por-departamento/>

con tan solo 2 354.0 Gg de CO₂-eq, que corresponde a el 7.6% de emisiones con respecto a todos los sectores (MARN, SGCCC, y PNUD 2021).

Esta capacidad de remoción de CO₂ de los bosques en el sector UTCUTS ha tenido una tendencia de disminución histórica de 1990 a 2016 en un 13.5% anual, y a su vez se han incrementado las emisiones del sector en un 4.1% anual, al punto de convertirse en la última década en un sector emisor (MARN, SGCCC, y PNUD 2021) (Figura 2).

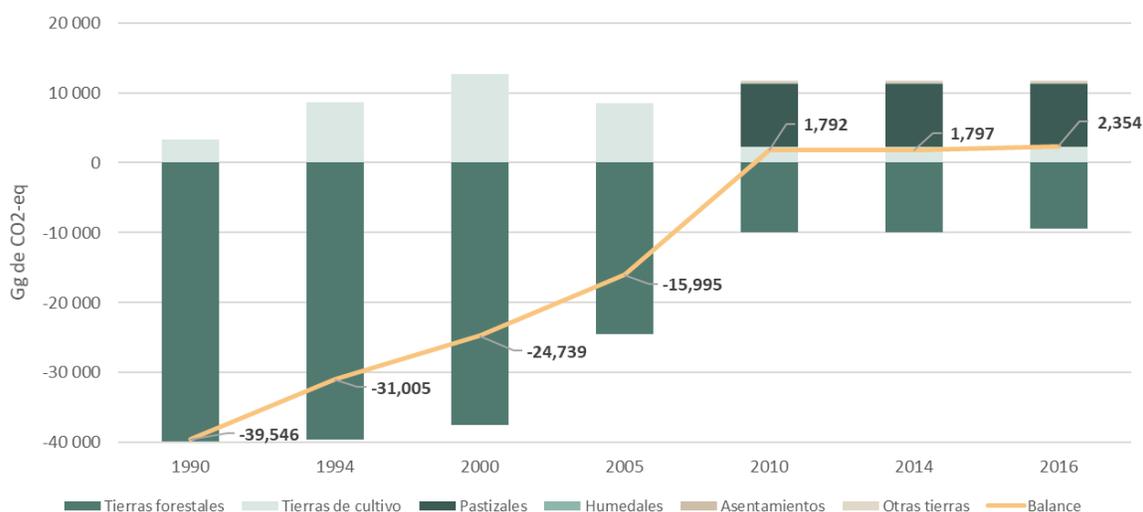


Figura 2: Balance de carbono del sector de Uso de la tierra Cambio de Uso y Silvicultura de 1990 a 2016. Fuente: MARN, SGCCC y PNUD 2021.

Se ha optado por establecer el mecanismo REDD+ de la CMNUCC, como uno de los principales instrumentos para la mitigación al cambio climático del sector UTCUTS, sector que se ha identificado con el mayor potencial de mitigación en el país, y que asegurará el cumplimiento de sus compromisos internacionales contenidos en las metas de las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC). Las cuales, establecen una meta no condicionada de las reducciones de sus emisiones GEI totales proyectadas en su escenario tendencial a 2030 (año base 2005), del 11.2% y una meta condicionada del 22.6%. Donde se ha identificado, que el sector UTCUTS (Bosque), es uno de los sectores con mayor

necesidad de apoyo técnico y financiero de recursos internacionales públicos y privados, nuevos y adicionales para lograr la meta condicionada (República de Guatemala, 2015).

En atención al gran valor que representan los bosques en Guatemala y a su problemática, ocasionada por deforestación y degradación, que contribuyen a una gran parte de las emisiones brutas de GEI del país, y reconociendo el gran potencial de los bosques como sumideros de carbono.

En la actualidad el país tiene un gran avance conforme al “enfoque de implementación por fases de REDD+”, referidas a la decisión 1/CP.16, y su párrafo 73, de acuerdo con sus circunstancias nacionales, capacidades de país y el apoyo internacional que ha recibido, que comprenden la fase de preparación, implementación y de acciones basadas en resultados. El NREF/NRF de Guatemala que se presenta en este documento, es uno de los elementos que consolidará la preparación para REDD+ del país, para medir el desempeño de su implementación y poder obtener pagos basados en sus resultados de mitigación.

La república de Guatemala comenzó su fase de preparación para REDD+ en 2008 con apoyo de recursos del Fondo Cooperativo de Carbono (FCPF), presentando en 2013 su propuesta de preparación (R-PP, por sus siglas en inglés) y en 2018 su paquete de preparación (R-Package, por sus siglas en inglés), que se llevaron a cabo para su ejecución en colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta fase consistió principalmente en la elaboración de la Estrategia Nacional REDD+, diseño de las acciones de mitigación y el desarrollo de capacidades.

En todo este proceso de preparación, de manera transversal, se hicieron importantes arreglos institucionales y en su marco legal para desarrollar capacidades nacionales. Se estableció una clara y transparente gobernanza de REDD+, se conformó en el año de 2010 el Grupo de Coordinación Interinstitucional (GCI) mediante un convenio voluntario entre las instituciones para la gobernanza del manejo sustentable de los recursos naturales, que lidera el proceso técnico y político, siendo uno de los temas el desarrollo integral del mecanismo REDD a nivel nacional.

El GCI se compone de las instituciones responsables de la supervisión gubernamental; además la gestión operativa y política a nivel nacional, es un mecanismo de cooperación interinstitucional que permite la implementación de REDD+, que son: el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), el Instituto Nacional de Bosques (INAB), el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) (Tabla 1).

Asimismo, el Ministerio de Finanzas es la entidad que tiene como competencia gestionar la constitución, en cualquiera de las instituciones del sistema bancario nacional, de los fideicomisos, fondos y otros instrumentos financieros y la ejecución de los programas del Gobierno Central, así como reglamentar, registrar y controlar su operación.

Tabla 1: Principales instituciones para la implementación del mecanismo REDD+ en Guatemala (Fuente: GCI 2020 y 2019).

INSTITUCIÓN	DESCRIPCIÓN
MARN	Es la institución gubernamental que regula la gestión ambiental y promueve el desarrollo sostenible en Guatemala, de manera participativa, para garantizar el cumplimiento del derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado de la población guatemalteca. Entidad líder en cambio climático y en la coordinación institucional para el cumplimiento de los compromisos de mitigación del país y coordinador del GCI
MAGA	Institución que fomenta el desarrollo rural integral a través de la transformación y modernización del sector agropecuario e hidrobiológico, desarrollando capacidades productivas, organizativas y comerciales para lograr la seguridad y soberanía alimentaria y competitividad con normas y regulaciones claras para el manejo de productos en el mercado nacional e internacional, garantizando la sostenibilidad de los recursos naturales. Desarrolla acciones productivas especialmente en temas de agroforestería y sistemas silvopastoriles, las cuales buscan reducir la presión sobre los bosques naturales.
INAB	Es la autoridad competente del sector público en materia forestal, a cargo de ejecutar y promover los instrumentos de política forestal nacional, facilitando el acceso a los servicios forestales que presta la institución a los actores del sector forestal, mediante el diseño e impulso de programas, estrategias y acciones, que generen un mayor desarrollo económico, ambiental y social del país. Actualmente el INAB es la unidad ejecutora del programa de Reducción de Emisiones.
CONAP	Es el órgano máximo de dirección y coordinación SIGAP por medio de sus áreas protegidas declaradas con jurisdicción en todo el territorio nacional, desarrollando acciones en pro y mejoramiento de las áreas protegidas para lo cual ha impulsado diferentes modelos que buscan promover la participación de actores locales, incluyendo organizaciones de mujeres y en la gestión del bosque.

La preparación para REDD+ entre 2017 y 2018 tuvo un avance significativo, realizando el primer borrador de la Estrategia Nacional REDD+ o la “Estrategia Nacional para el Abordaje de la Deforestación y Degradación de Bosques en Guatemala”, que sirvió de base para concluir el documento final de “La Estrategia Nacional REDD+ de Guatemala (2020-2050) (ENREDD+) donde está depositada la visión de REDD+ en el país. De esta manera, se consolidó el primer elemento o “pilar” para la implementación y el acceso a pago por resultados de REDD+ conforme a la decisión 1/CP.16, párrafo 71, de los acuerdos de Cancún.

La estrategia es resultado de un amplio proceso de planeación y construcción participativa, con pertinencia cultural y enfoque de género, a un nivel local, regional y nacional, que ha sido desarrollada y socializada en un periodo de 8 años (2014 a 2020), en un contexto de inclusión social y de derechos de todas las partes interesadas de REDD+ y que se encuentra en una constante mejora (GCI, 2020).

Todo el mecanismo REDD+ y la ENREDD+, se encuentra dentro de un amplio marco legal, establecido desde la Constitución Política de la República de Guatemala⁶, que declara de “interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural” (artículo 64) y de “urgencia nacional y de interés social la reforestación del país y la conservación de bosques”, así como la explotación racional de los recursos forestales (artículo 126). Por lo que es una prioridad permanente a nivel nacional, detener la deforestación y degradación de bosques, restaurarlos, conservarlos y realizar un manejo forestal sostenible. De aquí que se han derivado, las principales leyes del país enmarcan la ENREDD+ que son, la Ley Marco para regular la reducción de la vulnerabilidad, la adaptación

⁶ <https://www.ine.gob.gt/archivos/informacionpublica/constitucionpoliticadelarepublicadeguatemala.pdf>

obligatoria ante los efectos del cambio climático y la mitigación de gases de efecto invernadero (LMCC)⁷, la Ley Forestal⁸ y la Ley de Áreas Protegidas y sus reformas⁹.

Con este marco institucional y jurídico la ENREDD+ tiene por objetivo principal, el de “articular la gobernanza para crear y operar los principales instrumentos de política pública existentes que permitan la participación plena y efectiva de partes interesadas (incluyendo mujeres, hombres, pueblos indígenas y comunidades locales) en la reversión de las causas de deforestación y degradación de los bosques para contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) e incrementar los bienes y servicios ambientales de ecosistemas forestales y tierras agrícolas que reduzcan la presión sobre ellos” (GCI, 2020).

Las metas de la ENREDD+ están alineadas con el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático –PANCC- y el Plan de Desarrollo Nacional K’atun a 2032 para Cambio Climático, Bosques, Biodiversidad y Áreas Protegidas, y las prioridades nacionales vinculadas a los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), que contienen las NDC en un esfuerzo articulado, coherente y sistémico para el cumplimiento de sus compromisos nacionales e internacionales en mitigación de cambio climático (GCI, 2020; República de Guatemala, 2015).

Metas:

Las metas que contiene la ENREDD+ son ambiciosas en cuanto a la reducción (en superficie y sus emisiones de CO_{2eq}) de la deforestación, degradación y el incremento de reservas de carbono, estas son:

- En 2032, al menos el 29% del territorio del país se encuentra cubierto por bosques naturales.

⁷ <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/415.pdf>

⁸ https://www.inab.gob.gt/images/acercadeinab/quienessomos/ley_forestal.PDF

⁹

<http://138.117.140.116/Documentos/2019/Art10/1/Ley%20de%20C3%81reas%20Protegidas%20y%20su%20Reglamento.%20Decreto%204-89.pdf>

- Un 32% del territorio terrestre se encuentra cubierto por bosques que generan bienes económicos y ambientales para la población.
- En 2032, se ha incrementado en un 3% la cobertura forestal por medio de la restauración ecológica en tierras que tienen capacidad de uso para protección y conservación de bosques.
- Para 2025, se ha reducido cerca de 12,000,000 t CO₂-eq (equivalente a la meta condicionada de las NDC a 2030)
- Para 2050, se ha reducido un total de 238,304,032 t CO₂-eq

Para cumplir estas metas la ENREDD+ considera cuatro ejes (EE) y catorce líneas estratégicas (LE), con sus acciones y actividades específicas, generarán un impacto positivo para detener las causas de la deforestación, degradación, reducción de sus emisiones, y también para lograr una recuperación y restauración de bosques, que generarán un incremento en sus existencias o “stocks” de carbono.

El primer EE es transversal, en sus LE, acciones y actividades, se encargará de asegurar el fortalecimiento en la gobernanza, fortalecimiento institucional, fortalecimiento de capacidades, armonización de políticas e instrumentos públicos, el desarrollo y fortalecimiento del monitoreo forestal y sus salvaguardas y la gestión para el financiamiento. El segundo EE se enfoca en las principales causas de la deforestación, debidas a la expansión agrícola y ganadera no sostenible, que se mitigarán mediante acciones y actividades de manejo sostenible agropecuario. El tercer EE, atiende las causas de la degradación por el aprovechamiento no sostenible de productos (madera, leña y productos forestales no maderables) y los incendios forestales, mediante LE relacionadas al manejo sostenible de los bosques y el manejo del fuego. Y, por último, el cuarto EE es para realizar la restauración de bosques y tierras degradadas, con LE que realizan acciones y actividades para la restauración y promoción de sistemas agroforestales (Figura 3).

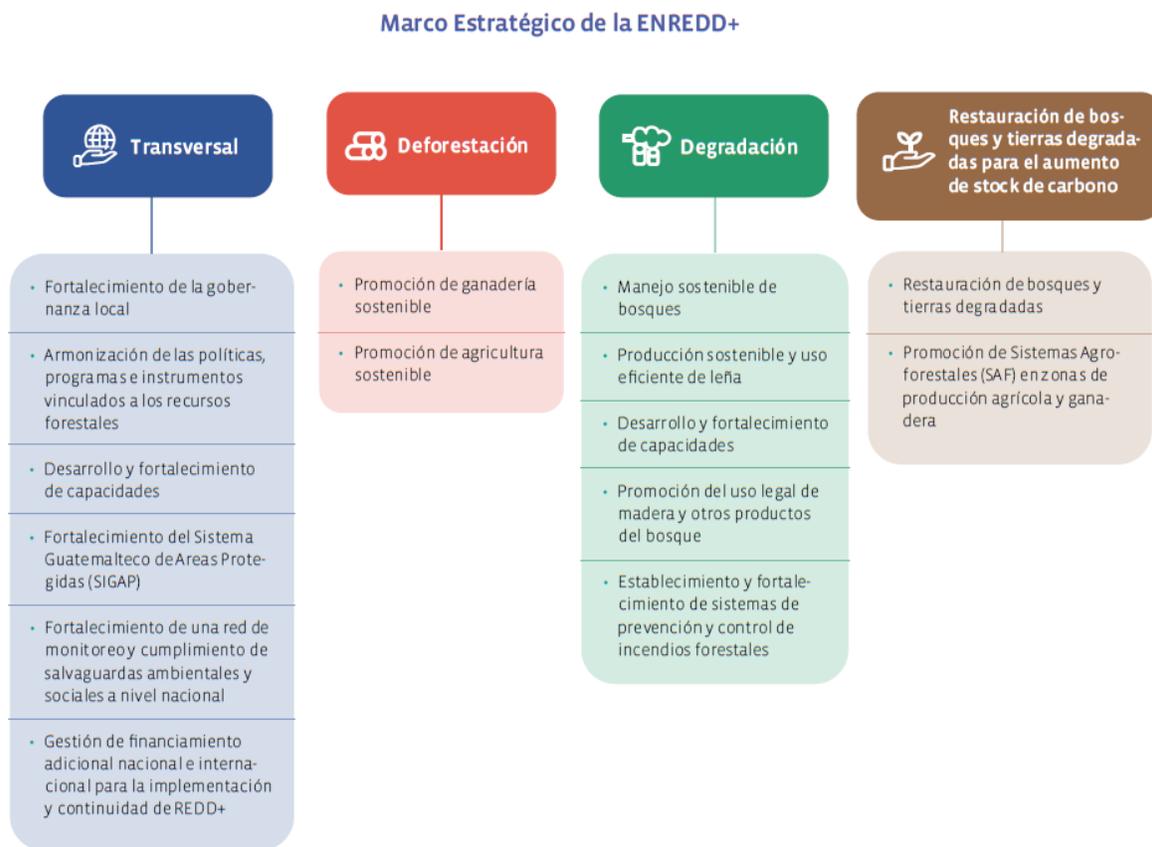


Figura 3: Marco estratégico de la Estrategia Nacional REDD+ de Guatemala (Fuente: GCI, 2020).

Cada línea estratégica está delimitada por acciones específicas y sus actividades que sirven como un marco orientador a nivel nacional, subnacional y local, estas se pueden consultar a detalle en la ENREDD+¹⁰.

Para poner en marcha la ENREDD+ con respecto a sus ejes y líneas estratégicas, y en sus acciones y actividades específicas, se siguió avanzando en el marco del FCPF. De tal manera, que entre 2018 y 2019 se elaboró y aprobó el Programa de Reducción de Emisiones (PRE)¹¹, con las instituciones que conforman el GCI y MINFIN, se encuentra totalmente alineado con la ENREDD+ y será uno de los principales programas de acompañamiento para realizar

¹⁰ <http://www.snicc.marn.gob.gt/MarinoCostero/AccionRedd>

¹¹ https://www.forestcarbonpartnership.org/system/files/documents/Guatemala_ERPD_11_05_2019.pdf

acciones y actividades específicas para la fase implementación de REDD+ y el pago por resultados en el país.

El PRE tiene un alcance subnacional, excluyéndose áreas que no garantizan a corto plazo una completa implementación de REDD+, sin embargo, el área de implementación del programa comprende una superficie de 9,985,930 ha que corresponde al 91.7% del territorio nacional.

En el contexto del PRE del FCPF, también se comenzaron a desarrollar para la fase de preparación de REDD+, insumos importantes para consolidar los elementos REDD+ contenidos en la decisión 1/CP.16, párrafo 71, que fue la construcción del NREF/NRF subnacional del PRE, el diseño del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques y el “Enfoque Nacional de Salvaguardas (ENS) en el marco de la Estrategia Nacional REDD+”¹².

No obstante que el NREF/NRF es subnacional para el PRE, se desarrollaron en este contexto insumos para una contabilidad de carbono de alcance nacional, y poder detectar fugas y desplazamientos. Dichos insumos, que consisten en los datos de actividad y factores de emisión/absorción, se utilizaron para construir el presente NREF/NRF nacional, que en consecuencia anida a el PRE, para vincularlo de manera completa a la implementación a nivel nacional. Por lo tanto, el NREF/NRF nacional será la base que sirva para la evaluar en el país, si la implementación de la ENREDD+ tiene una reducción efectiva de sus emisiones nacionales de GEI, o si se encuentran aumentado las absorciones o remociones de carbono, y obtener pagos por resultados.

En su fase de implementación para REDD+ el país se encuentra en diferentes estados de avance, y se realiza articulando, las iniciativas REDD+, organizaciones, instituciones y programas contenidos en la ENREDD+. A nivel territorial las iniciativas REDD+ son las encargadas de la implementación estas se componen de:

¹² <http://snicc.marn.gob.gt/Content/PDF/Enfoque%20nacional%20de%20salvaguardas%20Guatemala.pdf>

Proyectos REDD+

Son intervenciones dirigidas a las actividades REDD+ referidas en la decisión 1/CP.16, párrafo 70, de la CMUNCC, realizadas por personas naturales o jurídicas (públicos o privados) y que cuenten con los requerimientos para estar en el registro de proyectos REDD+ del MARN, que son, contar con una línea base, un plan de actividades y un plan de monitoreo.

En el país ya existen Proyectos REDD+ que se empezaron a desarrollar en 2008 y se implementan desde 2012 y 2014. Cuentan con validación y verificación, bajo el estándar de carbono verificado (VCS por sus siglas en inglés) y del estándar de clima, comunidad y biodiversidad (CCB) de Verra. Estos son, el Proyecto REDD+ en la Zona de Usos Múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya (Guatecarbon)¹³ y el proyecto Lacandón Bosques para la Vida¹⁴ en el Parque Nacional de Sierra de Lacandón, ambos en el departamento de Petén. En el departamento de Izabal también se encuentra el proyecto REDD+ de La Costa de la Conservación¹⁵, que ya ha participado activamente en el mercado voluntario de carbono y se implementa desde 2012. Los proyectos existentes tienen un área de intervención de 761,109 ha, siendo el de mayor extensión el proyecto de Guatecarbon que alberga 660,820 ha de bosques.

Existen otros proyectos en la fase de diseño que son el de REDDES locales para el desarrollo en los departamentos de Alta Verapaz, Huehuetenango y Quiché, y el de Sierras de Minas en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, Zacapa e Izabal que adicionarían una zona de intervención potencial de 748,576.7 Ha y 59,186 ha respectivamente. Estos proyectos REDD en su totalidad abarcan un área de intervención en la implementación de aproximadamente 1,568,872 Ha de bosques (Figura 4).

¹³ <https://guatecarbon.com/>

¹⁴ <https://defensores.org.gt/areas-protegidas/lacandon-bosques-para-la-vida/>

¹⁵ <https://fundaeco.org.gt/fe/proyecto-redd/>

Mecanismos para la Compensación de Servicios Ecosistémicos y Ambientales asociados a los bosques (MCSEAB)

Estos mecanismos se establecen en el marco de la Ley de fomento al establecimiento, recuperación y restauración, manejo, producción y protección de bosques de Guatemala¹⁶(artículo 19), y su reglamento¹⁷ (artículo 5), conocida como ley PROBOSQUE. Son instrumentos para el pago de servicios ecológicos (grupales, individuales, públicos y privados), que se acuerdan de manera voluntaria para la transferencia de beneficios económicos, con el fin de promover actividades sostenibles que contribuyan en el marco de REDD+ a la mitigación del cambio climático (regulación atmosférica de gases GEI). Dichos mecanismos se encuentran en desarrollo, fortalecimiento y consolidación y hasta el momento se han logrado trabajar en 6 proyectos sobre compensación hídrica que contabilizan un área de manejo de 7,437 Ha (INAB, 2020)

Modelos de Manejo y administración de áreas protegidas

El CONAP a través de su Ley de Áreas Protegidas desde su decreto en 1989 estableció el SIGAP, al año de 2019, cuenta con 349 áreas protegidas, con una extensión de 3,471,366.01 Ha que cubre el 32% del territorio nacional y albergan aproximadamente el 49% de bosques del país (GCI 2020, CONAP 2019). Las Áreas Protegidas desarrollan un conjunto de actividades anualmente a través de su Programa Restauración, protección, conservación de ANPs y diversidad biológica, que contribuyen a la reducción de emisiones en las tierras nacionales, municipales y privadas dentro del SIGAP. Y se realizan bajo esquemas de alianzas estratégicas con una administración conjunta, co-administración y concesiones forestales.

En estos territorios del SIGAP se busca gestionar, conservar y manejar de forma efectiva las áreas protegidas, y se hacen acciones de prevención y control para protección de ecosistemas y la diversidad biológica, y regulación del aprovechamiento de los recursos

¹⁶ https://inab.gob.gt/images/centro_descargas/legislacion/Ley%20Probosque.pdf

¹⁷ https://www.inab.gob.gt/images/centro_descargas/reglamentos/reglamento-probosque-2020.pdf

forestales y su diversidad biológica, promoviendo el manejo sostenible de los bosques. La implementación de acciones en las actividades REDD+, se integra en conformidad a sus planes de manejo de las áreas protegidas y se priorizará para que aporten a la reducción de emisiones a nivel nacional.

Adicionalmente a las iniciativas REDD+ mencionadas, se contempla la inclusión de nuevos modelos en iniciativas REDD+ adaptados a la gestión forestal en condiciones locales, regionales o nacionales (GCI 2020, GCI 2018). Además, para su operación tienen un conjunto de actores que implementan las actividades en los territorios desde el ámbito público y privado. Estos son todos los actores individuales y agrupaciones (para más detalle de los implementadores ver la ENREDD+) que deseen contribuir a los objetivos de mitigación de la ENREDD+. Para ello, las iniciativas e implementadores cuentan con el soporte de los siguientes programas nacionales e internacionales de apoyo:

Programas Nacionales de Incentivos Forestales

Los incentivos forestales en Guatemala consisten en dos programas a nivel nacional que son administrados y ejecutados por el INAB. El primero es el Programa de incentivos para el establecimiento, recuperación, restauración, manejo, producción y protección de bosques (PROBOSQUE), mencionado anteriormente y que contempla el MCSEAB. PROBOSQUE fue creado para dar continuidad y ampliación del alcance del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) que operó de 1998 a 2015. Inició su operación en 2016 como apoyo a realizar plantaciones forestales con fines industriales y energéticos, establecimiento y mantenimiento de sistemas agroforestales y manejo de bosques naturales para producción, protección, servicios ambientales y restauración. Promueve también la asistencia técnica, investigación y el enlace al sector productivo.

El segundo programa es el Programa de Incentivos Forestales para Poseedores de Pequeñas Extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal (PINPEP). Inició en 2010 para propietarios y/o grupos de propietarios con pequeñas extensiones de tierras (menores a 15 ha), este programa promueve el manejo forestal de bosques naturales para producción y

protección, establecimiento y mantenimiento de bosques, plantaciones y de sistemas agroforestales e incluye el fortalecimiento de capacidades técnicas.

Los incentivos forestales del PROBOSQUE (1998 a 2020) y del PINPEP (2010 a 2020) han fomentado el establecimiento de bosques naturales bajo manejo en 486,748 ha y de plantaciones y sistemas agroforestales en 171,207 Ha, con una implementación en todo el territorio nacional con vocación forestal¹⁸ (INAB, 2020).

Programa de Inversión Forestal

El Programa de Inversión forestal (FIP, por sus siglas en inglés) con fondos de inversión climática (CIF, por sus siglas en inglés), se ha creado en el marco de la ENREDD+ con objetivos afines, que se implementará en 47 municipios prioritarios, con altas tasas deforestación y degradación, así como con potencial para el aumento de la cobertura forestal y generación de co-beneficios ambientales. El FIP será complementario para mejorar la implementación de los incentivos forestales de manera integral, con cuatro proyectos que se encuentran en diseño sobre: gestión forestal sostenible, gobernabilidad y diversificación de medios de vida, proyecto de garantías verdes para paisajes competitivos y el Mecanismo Dedicado Específico (MDE) para Pueblos Indígenas y Comunidades Locales (PICL).

Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (NAMA por sus siglas en inglés)

En Guatemala existen en desarrollo dos proyectos sobre las Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (NAMA, por sus siglas en inglés) que se alinean con los objetivos de la ENREDD+ y sus acciones y actividades contribuirán a su implementación.

¹⁸ La ubicación de los polígonos de implementación de incentivos forestales se visualiza en el siguiente enlace: <https://sig.inab.gob.gt/portal/apps/webappviewer/index.html?id=c4b78350ac9b44a0aaeb73ba2ed4e17f>

La NAMA aprobada por el NAMA FACILITY es la del “Uso eficiente de la leña y combustibles alternos en comunidades indígenas y rurales en Guatemala”, que reducirá el consumo de leña promoviendo el uso eficiente de leña con estufas mejoradas;

Adicional se presentó la NAMA de Desarrollo de la ganadería bovina sostenible y con bajas emisiones de carbono, que reducirá emisiones e incrementará las remociones de carbono, reduciendo la huella de carbono para la producción de leche y carne, que todavía se encuentra en pendiente de financiamiento.

Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)

El proyecto de “Promoviendo Territorios Sostenibles y Resilientes en Paisajes de la Cadena Volcánica Central en Guatemala”¹⁹ financiado por el FMAM se encuentra en ejecución y se implementarán actividades vinculadas al ordenamiento territorial en el marco de la ENREDD+. Tiene por objetivo integrar en los paisajes productivos de 32 municipios que se ubican en la cadena volcánica central de Guatemala, aspectos de la conservación de la biodiversidad y la gestión sostenible del territorio, para generar bienestar en poblaciones locales y beneficios ambientales globales. Se plantea consolidar 52,045.5 Ha de corredores biológicos con la rehabilitación y restauración de 4,500 Ha de bosques degradados para incrementar existencias de carbono en estas áreas.

Las iniciativas y los programas de apoyo en implementación como se ha mencionado anteriormente se realizan principalmente con fondos públicos y privados, como lo son los programas de incentivos forestales, proyectos REDD+, el SIGAP a través de sus modelos de manejo de áreas protegidas. La implementación por estos fondos, ya están generando reducciones de emisiones mediante el manejo y aprovechamiento sostenible de los bosques contribuyendo a la recuperación de los bosques y la mejora de la calidad de vida de las comunidades. Sin embargo, para poder cumplir las metas de la ENREDD+ y el PRE, la inversión nacional pública y privada no es suficiente y se requiere del apoyo

¹⁹ <https://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/projects/proyecto-promoviendo-territorios-sostenibles-y-resilientes-en-pa.html>

complementario de fondos internacionales y su gestión, como el FIP, NAMAS, el FCPF y el FMAM.

Guatemala a través de todo lo logrado en la fase de preparación y en los diferentes grados de avance su implementación (elaboración y aprobación del PRE), ha demostrado estar listo para comenzar la fase de pago por resultados con la capacidad y fortalezas creadas en todo el proceso REDD+ que se encuentran en constante mejora.

De esta forma, como un resultado de un proceso de aproximadamente 13 años, en 2021 el país ha firmado el Acuerdo de Pago Por Reducción de Emisiones²⁰ (ERPA, por sus siglas en inglés), que le permite tener acceso de financiamiento al fondo del FCPF en el mercado regulado de carbono, para realizar pagos por resultados mediante la demostración y verificación de reducción de emisiones por acciones REDD+ en el marco de la ENREDD+ y el PRE.

Esto se hará a través del poder ejecutivo y el MINFIN donde se autorizarán las negociaciones y acuerdos contratados para el PRE del periodo 2020-2025. Periodo en el cual se estima que potencialmente se reducirá en un 6% las emisiones anuales causadas por deforestación y degradación de bosques y se aumentará en un 6% las absorciones por restauración de bosques y tierras degradadas. Con 10.5 millones de Ton CO₂ contratadas y posibles RE adicionales en una cobertura subnacional.

A su vez, en Guatemala también se participa en el mercado voluntario de carbono mediante los proyectos REDD+ existentes, que ocurren a pequeña escala y han funcionado de manera independiente, algunos de ellos comenzarán a formar parte del PRE del FCPF en el mercado regulado y en caso de tener excedentes de reducciones de emisiones, podrían participar con dichos excedentes en el mercado voluntario si así lo deciden (GCI, 2019).

²⁰ https://www.forestcarbonpartnership.org/system/files/documents/fcpf_erpa_tranche_a-b-_guatemala.pdf

En este sentido, para implementar los pagos por resultados y el registro de unidades de reducción de emisiones, ya se ha avanzado también en el diseño y consolidación de un mecanismo de distribución de beneficios y está en diseño e implementación un sistema de registro de proyectos para el mercado regulado o voluntario de carbono, de remoción o reducción de emisiones GEI bajo la LMCC en su artículo 22²¹.

En el marco del mercado regulado (PRE-FCPF), es importante señalar que los pagos que se realicen por resultados a los beneficiarios que lograron las reducciones de emisiones, también constituirán una fuente indirecta de financiamiento de la ENREDD+, para co-financiar en el marco de la ENREDD+ las actividades de implementación de los planes de manejo de los beneficiarios (sector privado). Con la implementación de la ENREDD+ y los fondos disponibles, así como los futuros pagos por resultados, no solo se tendrán resultados en la mitigación, sino que además se generarán múltiples beneficios como la protección de fuentes de agua, producción de alimentos, generación de empleo, producción sostenible de leña, turismo, entre otros (MARN, PNUD y SEGEPLAN, 2021).

En Guatemala se espera que las primeras metas de reducción a corto plazo de 2020 a 2025 (12,000,000 toneladas de CO_{2e}), se cumplan en su mayoría en el marco del PRE (91.7% del territorio), pero toda la construcción en torno a la ENREDD+, en cuanto a sus iniciativas y programas, se estará implementando a nivel nacional, por lo cual se espera que la contribución de reducciones del país será mayor. Y con respecto a las metas a largo plazo a nivel nacional de 2020 a 2050, se espera lograr una importante reducción de emisiones, ya que se tiene un potencial de reducción de hasta 238,605,164 toneladas de CO_{2e} (el 90% de la deforestación y degradación, y el 10% de restauración y tierras degradadas) con la cual se verían cumplidas las metas y compromisos nacionales e internacionales de todo ese periodo (GCI, 2020).

²¹ <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/415.pdf>

También se espera que Guatemala con este primer NRFE/NRF ante la CMNUCC logre procurar recursos de financiamiento de pago por resultados en la segunda fase del Fondo Verde del Clima (GCF, por sus siglas en inglés).

Para esto es fundamental que el NREF/NREF nacional que se presenta y anida al subnacional del PRE, se encargue de medir el desempeño de sus compromisos nacionales con respecto a las NDC. Y para reportar sus resultados de las acciones REDD, se realice mediante el Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación de REDD+ de Guatemala, del cual, el NREF/NRF es parte integral

El sistema MRV para REDD, ya se encuentra diseñado y está en desarrollo para su implementación, que evaluará, reportará y dará seguimiento a los resultados de RE en el periodo, o periodos definidos. Con esto, el país estará plenamente listo para la última fase de pago por resultados, y consolidado todo el mecanismo REDD que operará en el marco de la ENREDD+.

2.2. El Nivel de Referencia Forestal en el Marco del el Sistema Nacional de Monitoreo Reporte y Verificación para REDD+

El proceso general que se está diseñando y fortaleciendo en Guatemala de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) forma parte del Sistema Nacional de Información de Cambio Climático (SNICC)²² que se crea en la LMCC en su artículo 9²³. El MRV permitirá para todos los sectores proporcionar información directamente relacionada con cambio climático, y en específico el MRV de REDD+ se vinculará al MRV del sector de Agricultura Bosques y otros Usos de la Tierra (incluido el sector UTCUTS), en cuanto a emisiones, remociones, medidas de mitigación, reducción de gases de efecto invernadero como resultado de medidas de mitigación y el apoyo recibido para este fin, como parte del esfuerzo de Guatemala, para el cumplimiento del marco reforzado de transparencia del acuerdo de París. Esta información se presentará en inventarios y reportes a los que el país está comprometido con la CMNUCC, los cuales son sometidos a revisión y análisis (MARN, PNUD y SEGEPLAN, 2021; GCI 2020).

Guatemala implementará este proceso en el MRV de REDD+ como una medida de transparencia sobre las medidas de mitigación de GEI que se realicen en UTCUTS, y al mismo tiempo con la intención de contar con mecanismos que permitan evaluar el cumplimiento de sus objetivos. Es importante señalar que este proceso también se enlaza al módulo en construcción del SNICC sobre el Sistema MRV/MTR para el cumplimiento de la NDC bajo el marco de París en el cual estará integrado el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (SNIGT) que tiene el apoyo de la Red Latinoamericana de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (RedINGEI) (MARN, PNUD y SEGEPLAN, 2021).

En Guatemala para el MRV en REDD+, se utiliza el término “monitoreo” e incluye la “medición”, debido a que el “monitoreo” implica el seguimiento por mediciones continuas, a partir de sus herramientas y capacidades institucionales. Se realiza a través del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal, que recientemente ha sido reestructurado para incluir el

²² <http://snicc.marn.gob.gt/>

²³ <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/415.pdf>

Inventario Nacional Forestal y el monitoreo mediante sensores remotos para la recolección de datos en los bosques, con controles de calidad durante el proceso de recolección, procesamiento y análisis de datos, basados en un diseño estadístico robusto y una planificación. El Reporte se refiere a la presentación de un inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) de UTCUTS en las Comunicaciones Nacionales, el NREF/NRF y sus BUR con sus anexos técnico REDD+ con la periodicidad que dichos reportes requieran. En cuanto a la verificación para los reportes a la CMNUCC se refiere al proceso de consulta y análisis técnico (ICA, por sus siglas en inglés) que implica un intercambio de opiniones entre expertos internacionales y nacionales (FAO 2021), y en el mercado de carbono para pago por resultados (regulado y voluntario), al acompañamiento técnico y facilitación de información a las entidades verificadoras asignadas.

El MRV REDD+ se vinculará al MRV del sector AFOLU como parte del SNICC, el cual es un conjunto organizado de instituciones, recursos humanos, logísticos y financieros regulados por reglas, normas y procesos, que tiene como finalidad demostrar con base en datos de país e información científica sólida, si los resultados de las acciones y actividades en el marco de la ENREDD+ a nivel nacional y subnacional (ej. PRE, programas de incentivos forestales, FIP, entre otros) tuvieron un impacto en el cumplimiento de los objetivos, metas (NDC) y compromisos adoptados durante su implementación, a través de procedimientos transparentes, coherentes y efectivos (GCI 2020). La contabilidad de emisiones reducidas que participen en los procesos de REDD+ deben estar integradas y contabilizadas en las NDC. Por esta razón, el sistema MRV de REDD+ estará vinculado al sistema MRV del sector AFOLU para el reporte de los progresos de la NDC siguiendo el Marco de Transparencia Reforzado (MTR) (FAO 2021).

La información que genera y generará el sistema MRV REDD+, principalmente está relacionada a los bosques en el seguimiento de la estimación del contenido de carbono en las tierras forestales y sus cambios de contenidos de carbono, cuando existe en las tierras forestales una pérdida por degradación debido a la pérdida de cobertura forestal por mal manejo, o por deforestación, debido al cambio de uso del suelo. También da seguimiento a

cuando existen en las tierras forestales, una ganancia o incremento de carbono por la recuperación de tierras forestales degradadas y deforestadas por prácticas de reforestación, restauración o regeneración de la tierra forestal (GCI 2020).

El Sistema MRV REDD+ también incluye variables diferentes al carbono para responder a las salvaguardas sociales y ambientales que se generan en su integración con un monitoreo comunitario. Los componentes del MRV REDD+ de emisiones también son multipropósito en la medida de lo posible, para proveer información para otros objetivos de interés nacional (FAO 2021).

El MRV REDD+ se encuentra desarrollándose en el marco de la ENREDD+ para responder a todas las necesidades de información que se requieren en su fase de implementación y de pago por resultados, este se compondrá de once subsistemas que son (GCI, 2020): Subsistema Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF/NRF), Subsistema Datos de Actividad (DA), Subsistema Factores de Emisión (FE), Sistema de Información de Salvaguardas (SIS), Subsistema Monitoreo de Beneficios No Carbono, Subsistema Registro de Proyectos REDD+, Mecanismo de Distribución de Beneficios, Mecanismo de Información y Atención de Quejas (MIAQ), Subsistema Causas de la deforestación y degradación forestal, Subsistema de Alerta Temprana (SAT) y Subsistema Monitoreo Forestal Comunitario (GCI, 2020).

Los subsistemas con mayor avance en MRV REDD+ son (GCI, 2020):

Subsistema Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF/NRF): Contiene información gráfico-numérica que cuantifica las emisiones de GEI por deforestación y degradación de los bosques, así como las absorciones producto del aumento de existencias de reservas de carbono forestal de Guatemala para el periodo 2006-2016.

Subsistema Datos de Actividad (DA): Contiene información gráfico-numérica que cuantifica la cobertura forestal del año 2006, 2016 y contiene una serie de reportes sobre la dinámica de cambios (pérdidas y ganancias) de Guatemala durante el periodo 2006-2016.

Subsistema Factores de Emisión (FE): Contiene información gráfico-numérica que cuantifica las emisiones y absorciones de CO₂e debido a las pérdidas (deforestación) y ganancias (restauración) de los bosques de Guatemala durante el periodo 2006-2016.

Los subsistemas se encuentran en diversas fases de desarrollo y su funcionalidad aún es limitada. El SNICC y el sistema MRV REDD+ que se encuentra en construcción se puede consultar en la siguiente plataforma: <http://snicc.marn.gob.gt/>

Los objetivos específicos principales del MRV REDD+ son:

- Evaluar el desempeño del país en su mitigación al cambio climático en el sector forestal (UTCUTS) a través del NREF/NRF nacional.
- Estandarizar y optimizar los procesos de generación de información base y asegurar la ejecución de monitoreo durante la implementación de la ENREDD+
- Monitoreo de la implementación de políticas para la reducción de emisiones por deforestación y degradación en los bosques y el aumento de existencias de carbono por manejo y conservación de bosques.
- Proporcionar información para el diseño, implementación y seguimiento de política pública.
- Compilar, integrar, analizar, reportar y documentar el proceso de verificación para las actividades REDD+.

El diseño y el desarrollo del Sistema MRV de REDD+ subnacional se desarrolla en paralelo al nacional, para evitar la doble contabilidad de la reducción de emisiones, por lo tanto se basa en los métodos y enfoque de estimación de carbono y su incertidumbre asociada. De tal manera que el NREF/NRF es base para la estimación de emisiones y absorciones de dióxido de carbono en UTCUTS de AFOLU, que incluye la recolección de datos de actividad y factores de emisión, y que se fundamentan en las últimas guías de las buenas prácticas del IPCC (2006) para los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero y específicamente para el acuerdo con el FC se fundamente en los requerimientos metodológicos del FCPF en su

Marco Metodológico del Fondo del Carbono (FC), ya que también tiene aplicación para el del PRE.

El MRV REDD+ también tiene la importante función de asegurar una armonización completa, ya que se encargará de generar la información y dar coherencia a los reportes requeridos a la CMNUCC, como lo es con la reciente Tercera Comunicación Nacional de País presentada a la CMNUCC, en su sección del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero para UTCUTS (cada cuatro años) que se ha realizado con los insumos, métodos y resultados con los que se construyó el presente NREF/NRF nacional. Y también dará consistencia con los reportes que se encuentran en elaboración, como lo es el Primer Informe Bienal de Actualización (IBA) que el MARN está coordinando y su objetivo es proporcionar información más frecuente (cada dos años) de INGEI y los progresos de mitigación en UTCUTS, que incluye un anexo REDD+ para el pago por resultados (MARN, 2021). Este reporte en un futuro será sustituido por el Informe Bienal de Transparencia (BTR, por sus siglas en inglés) entre 2024 y 2026 para países en desarrollo. Por lo cual el MRV REDD+ cobra mayor relevancia, ya que el BTR deberá integrar un Informe del Inventario de Gases de Efecto Invernadero vinculado a la implementación de las NDC (FAO, 2020).

El MRV REDD se desarrolla según las circunstancias nacionales del país, bajo los principios del uso completo de los datos existentes y disponibles, conforme a sus capacidades institucionales y tecnológicas, tiene flexibilidad y adaptabilidad con una mejora continua, se basa en las últimas directrices del IPCC para los INGEI, cuenta con un enfoque participativo (colaboración de instituciones y expertos nacionales e internacionales) y de sostenibilidad a largo plazo con recursos propios del país.

Los arreglos institucionales para la operación del MRV se rige por la ya mencionada LMCC en su artículo 9 y tomando en cuenta todo el marco legal de la ENREDD+, coordinado por el GCI (Político y Técnico) y su brazo técnico del Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (GIMBUT), que es el responsable del diseño y la implementación del MRV REDD+. Este grupo se conforma del personal técnico de las instituciones que

conforman el GCI, donde se coordinan el MARN, MAGA, INAB, CONAP, el apoyo académico de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) y la Universidad Rafael Landívar (URL); y para gestión de sus recursos económicos en su desarrollo y operación es apoyado por el MINFIN (Figura 5).



Figura 5: Arreglos institucionales para la operación del MRV REDD+. (Fuente: GCI, 2020)

Los grupos tienen sus responsabilidades diferenciadas institucionalmente (Tabla 2) en el MRV de REDD+ con la característica de que hay actividades que se implementan de manera conjunta ya que se cuenta con una Unidad Integradora (MARN) que supervisa las partes técnicas y políticas.

Tabla 2: Roles de los grupos e instituciones que implementan el MRV REDD+. (Fuente: GCI 2020, 2019)

Grupo	Roles/Responsabilidades respecto al sistema de MRV REDD+
Comité Directivo – GCI Político	<ul style="list-style-type: none"> - Dirigir, en el alto nivel, las actividades del sistema. - Tomar las decisiones de administración del sistema. - Definir las políticas para su evolución y funcionamiento y financiamiento. - Establecer y desarrollar visión de largo plazo. - Asegurar la sostenibilidad e institucionalidad del sistema.
Unidad Integradora del Sistema MRV-MARN	<ul style="list-style-type: none"> - Recopilar, integrar y sistematizar la información generada ya digerida por las instituciones. - A cargo de la fase de Reporte del Sistema MRV. - Mantener la homogeneidad metodológica. - Definir protocolos de intercambio de información. - Asegurar la consistencia de los diferentes reportes nacionales e internacionales.
Grupo de instituciones generadoras de información (GCI-Técnico, GIMBUT)	<ul style="list-style-type: none"> - Generar información técnica asegurando su calidad. - Documentar los procedimientos técnicos. - Generación de metodologías e investigación. - Procesamiento de imágenes. - Verificaciones de campo. - Coordinar e implementar la toma de datos de inventarios forestales y de carbono. - Dar continuidad y credibilidad a la información generada.
Grupo de organizaciones de soporte – Comunidades, pueblos indígenas, ONG’s nacional e internacionales, CNSAS y donantes de fondos.	<p>Organizaciones que podrán apoyar el proceso de monitoreo forestal, a través de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apoyos financieros y logísticos. - Verificaciones de campo. - Toma de datos de inventarios forestales y de carbono. - Monitoreo comunitario de variables en sus territorios.

El GIMBUT juega un papel muy importante en el MRV REDD+ y la construcción del NREF en el marco de la ENREDD+, ya que se encarga de coordinar la generación, sistematización y armonización de la información técnica producida en las instituciones que lo conforman, las cuales tienen un rol diferenciado en sus actividades y la generación de insumos, para poder realizar el monitoreo de bosques y uso de la tierra y otros temas afines (Tabla 3). Este grupo

y sus instituciones generan de manera consensuada, los datos de actividad (deforestación, degradación y aumento de cobertura forestal), factores de emisión (contenido de carbono en los bosques), factores de absorción (capacidad del bosque de remover y acumular carbono) y estimación de emisiones y remociones. La información es trasladada al MARN, quien tiene la responsabilidad de ejecutar los reportes para ser trasladados a la secretaría de la CMNUCC.

Tabla 3: Instituciones que conforman el GIMBUT y su contribución al MRV REDD+ (Fuente GCI 2020).

Institución	Contribución en sus actividades e insumos institucionales	Apoyo de su Infraestructura institucional
INAB	<ul style="list-style-type: none"> - Elabora mapas de cobertura forestal y dinámica de la cobertura forestal (en colaboración con CONAP, MAGA, MARN, UVG y URL). - Realiza el Inventario Nacional Forestal. - Elabora información y mapas/polígonos sobre las áreas de los programas de PINPEP, PINFOR, y PROBOSQUE. - Proporciona datos, mapas y/o polígonos vinculados al uso de la leña y la tala selectiva lícita e ilícita. - Estimaciones de incrementos medios anuales (IMA) y factores de absorción de carbono a nivel nacional, por manejo forestal, reforestación y regeneración natural. - Factores de emisión para degradación vinculada a extracción de leña y tala selectiva. 	Oficinas regionales y subregionales que cubren el territorio nacional
CONAP	<ul style="list-style-type: none"> - Mapa de estratos de carbono a nivel nacional a partir de la cobertura forestal y variables bioclimáticas. - Estimaciones del contenido de carbono para deforestación por cambio de uso de la tierra y la degradación forestal por su pérdida de cobertura forestal. - Estimaciones del contenido de carbono para la modalidad - de degradación a nivel nacional, vinculada a incendios, para - lo cual generará datos de cicatrices de fuego (mapas). 	Oficinas regionales en el Altiplano Central y Occidental, Las Verapaces, Costa Sur, Nororiente, Oriente, Noroccidente, Petén, Suroriente; y el Centro de Monitoreo y Evaluación (CEMEC) en Petén.

MAGA	<ul style="list-style-type: none"> - Mapas de cobertura vegetal y uso de la tierra, para una potencial estimación del carbono en los usos de tierra. 	Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos – DIGEGR-
MARN	<ul style="list-style-type: none"> - Integra y sistematiza la información para generar reportes requeridos en el sector UTCUTS. - Estimación de Emisiones y remociones de GEI para deforestación, degradación e incrementos de carbono en los bosques. - Elaboración del NREF/NRF. - Da Seguimiento a las actividades técnicas realizadas por las otras instituciones del GCI que deberán integrarse para en los Reportes requeridos a la CMNUCC y para REDD+. - Homologa y asegura coherencia en los datos presentados en los inventarios de GEI, las líneas base de emisiones para el sector UTCUTS, el NREF/NRF, las Comunicaciones Nacionales, BUR y el Registro de Proyectos de Mercado de Carbono. - Asegura el cumplimiento de los artículos 19, 20 y 22 de la Ley Marco de Cambio Climático. - Se encarga de generar y fortalecer sus capacidades técnicas para manejar los datos, métodos, información y conocimiento de las instituciones especializadas en las actividades de monitoreo. 	Departamento de Ciencia y Métrica, el Departamento de Mitigación al Cambio Climático y MDL de la Dirección de Cambio Climático, y la Unidad de Información Ambiental y Cambio Climático.
Otros Actores (Instituciones académicas, comunidades indígenas, proyectos REDD+, mancomunidades, municipalidades, ONG's, entre otros)	<ul style="list-style-type: none"> - Información de proyectos REDD+, polígonos, actividades, estimaciones de emisiones, emisiones reducidas, etc. - Información de monitoreo comunitario. - Estudios e investigaciones científicas relevantes. - Mapas de polígonos de concesiones forestales. - Mapas de polígonos de áreas protegidas y otras zonas de conservación. - Denuncias y registros vinculados a causas de deforestación y degradación forestal. 	Capacidad institucional diferenciada

La información e insumos principales que genera el GIMBUT son los siguientes (GCI, 2021).

Datos de actividad

Es la medición y monitoreo de datos de actividad basado en el muestreo estadísticos geo referenciado del territorio por sensores de alta y mediana resolución para el monitoreo de la cobertura forestal, uso de la tierra y cambio de uso de la tierra (UTCUTS) y para la elaboración del NREF/NRF. Este tiene un enfoque integral de monitoreo multitemporal de bosques y otros usos de la tierra. Proporciona insumos para realizar un análisis puntual y geográficamente explícito de los cambios en superficies debido a procesos de deforestación, degradación y aumento de cobertura forestal. Para ello se han desarrollado los siguientes insumos:

- Malla de puntos de muestreo para monitoreo forestal, de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra con cobertura nacional.
- Mapas de cobertura forestal y uso de suelo

Factores de Emisión y Factores de absorción

Los Factores de Emisión (FE) se basan en el mapa de estratos de carbono que se construyó con la sistematización y análisis de los mejores datos nacionales, sobre el carbono en la biomasa aérea y subterránea de bosques, provenientes de inventarios forestales en el país con diferentes propósitos y del primer ciclo del Inventario Nacional Forestal de Guatemala, con la aplicación de modelos alométricos adecuados para el país y su relación con sus variables bioclimáticas. Se tiene en progreso el segundo ciclo del Inventario Nacional Forestal que comenzó en 2021, que será uno de los principales insumos para la cuantificación de carbono en todos los tipos de bosques de Guatemala. El segundo ciclo de inventario nacional forestal ha mejorado los métodos de cuantificación de carbono, agregando más depósitos de carbono en bosques (materia orgánica muerta y suelos) e incluye información biofísica y socioeconómica, que se encuentra descrita en un manual de

campo²⁴. Para la captura de información en campo se cuenta con el apoyo de una aplicación de colecta de datos (silvameetricus) (FAO 2021). Los insumos desarrollados para los FE son:

- Mapa de estratos de carbono
- Recopilación de información de las Parcelas Permanentes de Muestreo –PPM-
- Primer ciclo del Inventario Nacional Forestal (realizado en 2002-2003)
- Segundo ciclo del inventario forestal con su marco metodológico, manual y aplicación de colecta en campo (en progreso)
- Selección y aplicación de ecuaciones alométricas generadas para árboles de Guatemala

Los factores de absorción (FA) son los estimados para el aumento de existencias de carbono por el crecimiento anual de las masas forestales. Se obtienen a partir del sistema de parcelas permanentes de muestreo (PPM) establecidos en los programas de incentivos forestales, con modelos de crecimiento aplicados a diferentes especies (pinos y latifoliadas). El PPM se implementa desde 1997 a través de 14 instituciones responsables donde se colectan variables de crecimiento de las especies de árboles establecidos y su mortalidad por perturbaciones naturales (plagas y enfermedades forestales o viento) o antropogénicas (manejo forestal e incendios) (FAO 2021). Dicha información se emplea en los cambios detectados de tierras no forestales hacia tierras forestales. Los principales insumos usados y desarrollados para su estimación de FA son:

- Sistema de Parcelas Permanentes de Muestreo
- Modelos de crecimiento generales de plantaciones (coníferas y latifoliadas)
- Densidad de la madera para árboles de Guatemala (coníferas y latifoliadas)

La información e insumos del MRV REDD+ será sistematizada por el MARN ya que es la encargada de integrar la información y generar los reportes que se requieren, para de esta

²⁴

<https://www.inab.gob.gt/images/ifn/Manual%20de%20campo%20para%20implementar%20el%20IFN%202020.pdf>

manera asegurar consistencia en la información generada en los reportes a la CMNUCC (Comunicaciones Nacionales, BUR, INVGEI) y en la ENREDD+.

El MRV REDD+ y el NREF/NRF, además de seguir las directrices del IPCC, las decisiones de la CMNUCC y requerimientos metodológicos del FCPF. También se ha buscado consistencia con los métodos de estimaciones de los nuevos estándares para procesos de pagos por resultados en el mercado voluntario y regulado como son:

- Art Trees (Estándar de excelencia ambiental de REDD+): Pretende mejorar el MRV y las transacciones de REDD+ para promover la integridad social y ambiental de la reducción de emisiones y remociones del sector forestal para ampliar el financiamiento y promover mayor calidad en las estimaciones. (Architecture for REDD+, 2019)
- Verra JNR (Estándar jurisdiccional y anidado de REDD+): Es un marco metodológico y una plataforma exhaustiva de contabilidad y crédito de carbono para guiar a los gobiernos en los planes y programas REDD+ y ayudar al anidamiento de proyectos a nivel nacional y jurisdiccional (Verra, 2021). En este estándar se encuentran principalmente los proyectos REDD+ que se tienen contemplados como implementadores en la ENREDD+ (ej. Guatecarbon, Lacandón Bosques por la Vida y La Costa de la Conservación)

Todo este marco de referencia de insumos, métodos y análisis asegura la coherencia y transparencia, en los reportes que se obtienen como resultado en el sistema MRV REDD+. Y facilita la verificación de las estimaciones, contabilidad de carbono y los resultados de reducción de emisiones para las acciones y actividades REDD+, que se realizará con el acompañamiento técnico del país (MARN) y la parte verificadora (ej. FCPF), como los evaluadores técnicos de la CMNUCC en los reportes que presente el país.

Como información clave del MRV REDD+ y del NREF/NRF, El Gobierno de Guatemala a través del MARN ha diseñado recientemente el Registro de Proyectos de Remoción o Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y el Reglamento respectivo para

su creación²⁵ y funcionamiento conforme a la LMCC, en su Artículo 22, para poder operar el mercado de carbono nacional (regulado y voluntario).

En el registro de proyectos se incluirá la información de los cinco sectores de mitigación siendo una de ellas las actividades REDD+ potenciales o implementadas, las reducciones de emisiones logradas y los certificados obtenidos. El objetivo principal es establecer un registro nacional de todos los proyectos y actividades que generen remoción o reducción de GEI dentro del territorio nacional, a fin de evitar la doble contabilidad y de cumplir estándares de transparencia nacionales e internacionales (GCI, 2020). Es clave que el NREF/NRF esté vinculado con el registro para contabilizar si se han logrado los objetivos de mitigación en cuanto a sus NDC en el sector UTCUTS a través de los mecanismos de compensación de REDD+ y en la implementación de la ENREDD+ y sus resultados de reducción de emisiones.

De tal manera que el MRV REDD+ podrá, recopilar, documentar y dar seguimiento a todas las medidas de mitigación de GEI que se encuentren inscritas en el Registro, con módulos específicos para la ENREDD+ y el PRE, el mercado voluntario de carbono, las NAMA y los proyectos ingresados a los MDL. Lo cual permitirá informar de forma transparente a que acción en el territorio y a que iniciativa REDD+ e implementador se le atribuyen las medidas de mitigación medidas y logradas con respecto al NREF/NRF en sus actividades REDD+.

3. MARCO DEL NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL

El marco del NREF/NRF describe los elementos clave basados en las modalidades y directrices de la presentación de información a la CMNUCC para su evaluación técnica. Estos son los aspectos que definen las características de construcción del nivel de referencia, proporcionando información puntual que describen a continuación:

²⁵ http://www.snicc.marn.gob.gt/Content/PDF/Reglamento_Registro_de_Proyectos.pdf

3.1. Área y Escala del NREF/NRF de la República de Guatemala

El NREF/NRF de la República de Guatemala tiene una escala nacional que cubre las 10,888,900.00 Ha del territorio nacional y alberga una extensión de bosques de 3,574,244.00 Ha (2016), correspondientes al 33.0% del país. La mitad de estos bosques (52.7%) se encuentran dentro del sistema nacional de áreas protegidas. (INAB, 2019) (Figura 6).

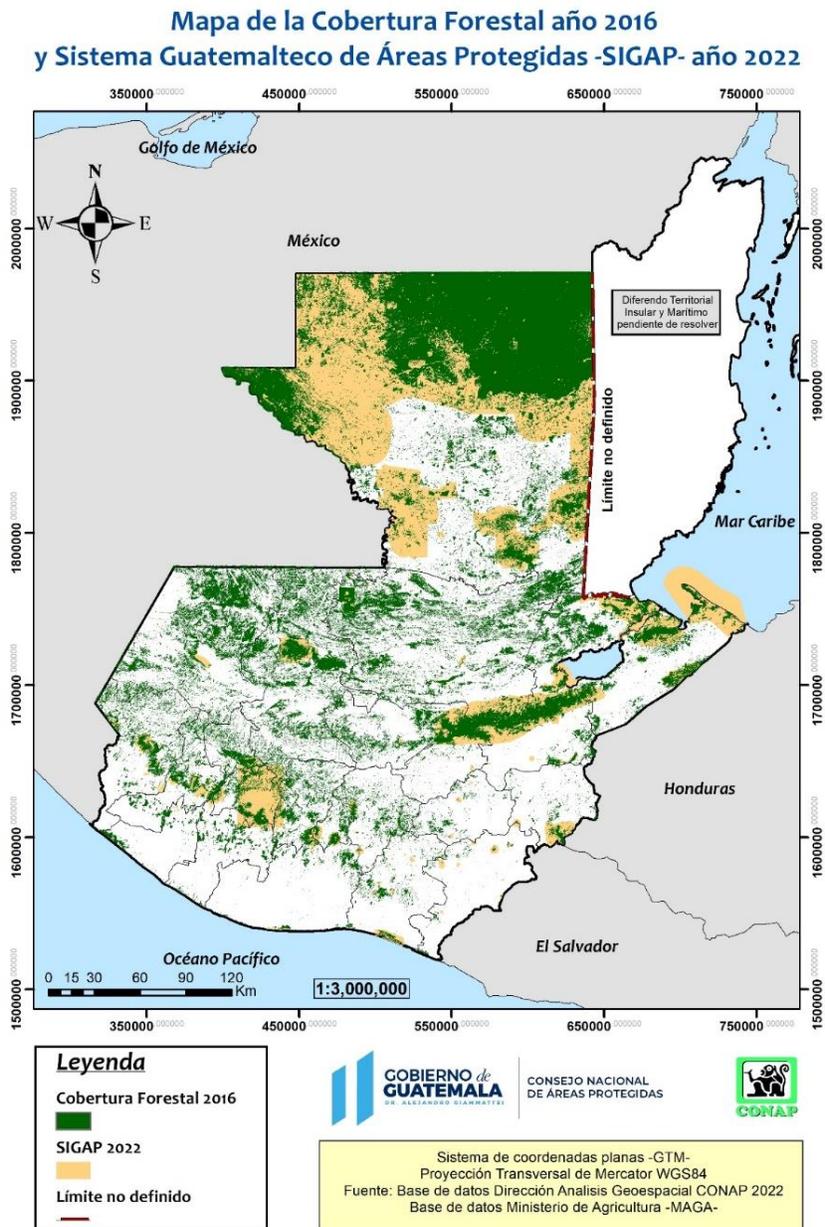


Figura 6: Cobertura de bosque y el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP).

Como anteriormente se ha mencionado en la sección 2.1, la implementación de la ENREDD+ es nacional con la cual se medirá su desempeño de metas a partir del NREF/NRF, debido a que la mayoría de bosques del país están sujetos a manejo forestal, restauración o conservación. En este contexto, las iniciativas REDD+, sus implementadores y los principales programas de apoyo inciden en el área total de bosque y también en áreas que tiene un potencial de desarrollo forestal o de vocación forestal.

Para la ENREDD+ y el NREF/NRF, por ser ambos de carácter nacional, se debe tener claridad en el tipo y ubicación de las acciones potenciales en la implementación de REDD+ en todo el territorio. Por lo tanto, como un apoyo estratégico, se realizó una priorización a nivel nacional, basada en una zonificación productiva sustentable, con el fin de armonizar el paisaje forestal a nivel nacional, donde se identifica de manera general que Guatemala tiene un 36.5% del territorio de zonas para el desarrollo forestal y agroforestal, el 35.7% del territorio para la restauración y el 22.4% del territorio para desarrollo agrícola y ganadero (GCI 2020).

En estas zonas generales, también se determinaron espacialmente mediante variables biofísicas y socioeconómicas, las actividades productivas específicas que tienen potencial REDD+ y que se alinean al NREF/NRF nacional, relacionadas con la protección, restauración y conservación de bosques, para que contribuyan a reducir emisiones por la deforestación, degradación e incrementar las existencias de carbono (GCI, 2020). Las actividades forestales potenciales resultantes para REDD+ de esta zonificación específica fueron las de restauración de áreas degradadas, protección forestal, reforestación, restauración hidrológica, manejo de la regeneración natural, aforestación, conservación ecológica y conservación de suelos y agua (Figura 7).

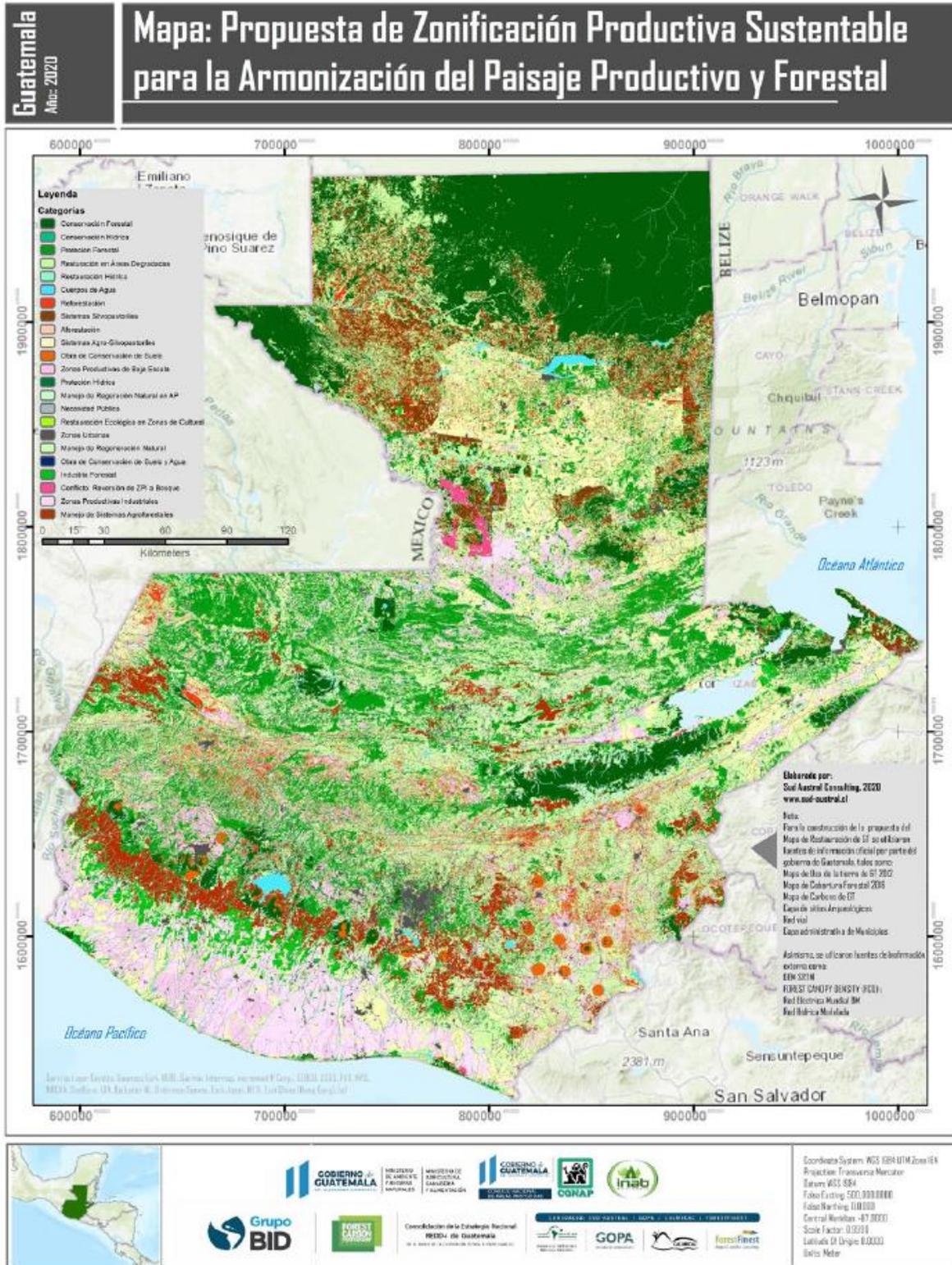


Figura 7: Propuesta de zonificación productiva sustentable para la armonización del paisaje productivo forestal (Fuente: GCI 2020)

De esta manera, el NREF/NRF tiene ámbito nacional y será esencial para evaluar en su conjunto y de manera específica, la implementación de las iniciativas ENREDD+, por parte de las instituciones implementadoras y los programas de apoyo, así como las acciones de mitigación que generarán las principales actividades potenciales identificadas en la zonificación productiva para ENREDD+, que se describen a continuación (GCI 2020).

Restauración de áreas degradadas: Es la recuperación de áreas afectadas por la deforestación debido a actividades agropecuarias y que su uso potencial del suelo es para actividades forestales. Esta es la actividad de mayor potencial en cuanto a su superficie y puede realizarse en el 21.12% (2,285,361.99 Ha) del territorio.

Conservación forestal o ecológica: Esta determinada y destinada a las áreas con alta vulnerabilidad climática y de alta importancia en sus ecosistemas forestales, esta actividad es la segunda con mayor cubrimiento que puede realizarse en el 16.45% (1,780,728.84 Ha) del país.

Protección Forestal: La protección forestal es una actividad con el objetivo de proteger las áreas relativamente bien conservadas que aún se mantienen con una cubierta superior del 30%. Se identifican bosques con dicha característica para su protección en el 14.14% (1,530,072.09 Ha) del territorio.

Zonas de Restauración Natural con el manejo de su regeneración: Son áreas en el país con un alto potencial de desarrollo de bosque mediante el manejo de regeneración natural en zonas complejas topográficamente con pendientes fuertes mayores a un 45%. Esta actividad se puede desarrollar en el 8.64% (934,642.98 Ha) del territorio.

Reforestación: Esta destinada a las áreas descubiertas de bosques con vocación forestal que presentan condiciones óptimas del terreno para realizar plantaciones, se identifica que esta actividad potencial puede realizarse en el 3.98% (430,607.79 Ha) del territorio.

Restauración ecológica: Destinada a todas aquellas áreas descubiertas de bosque que presentan un alto potencial de restauración dentro de sitios con alto valor de importancia

biológico y de mitigación de cambio climático en el SIGAP. Estas áreas solo se identificaron en el 0.17% (18,214.38 Ha) del territorio.

Aforestación: Actividad de establecimiento de cubierta forestal mediante la plantación de árboles en zonas dónde antes no existía bosque, por estar dedicadas a actividades no forestales (agropecuarias, asentamientos humanos, etc...). Esta actividad es la de menor potencial con solo 984.60 Ha (0.01%).

Restauración hidrológica: Actividad para promover el establecimiento o conservación de bosques con fines de una protección hídrica y la restauración de cuencas importantes productoras de agua. Estas zonas potenciales para mejorar el servicio hídrico de los bosques se identifican en el 1.79% (193,888.35) del territorio.

Conservación de suelo y agua: Áreas de cultivo tradicional a pequeña escala, determinadas principalmente por la cobertura de pastos/cultivos a nivel nacional, donde potencialmente se pueden practicar actividades de conservación de suelo y agua que involucra el componente forestal. Se encuentran identificado con esta condición solo el 0.85% (92,394.09 Ha)

De igual manera, se identificaron actividades productivas importantes como acciones de mitigación en la interfase agropecuaria y forestal para la ENREDD+, con áreas de potencial agrosilvopastoril en el 11.45% (1,239,615.18 Ha) y de sistemas agroforestales en el 3.70% (400,474.53).

Como se muestra anteriormente, todo este conjunto de actividades potenciales REDD+ tiene al igual que el NREF/NRF un alcance nacional y se encuentran bien delimitadas, por lo que el NREF/NRF jugará un papel primordial para medir la contribución a la mitigación de cada una de ellas en el marco de la ENREDD+ a través del MRV REDD+ que se encuentra en desarrollo (sección 2.2), en los periodos que se decidan evaluar y en función de sus reportes a realizar conforme a los compromisos internacionales y nacionales de mitigación a cambio climático.

3.2. Definición de bosque

En el presente NREF/NRF se define el bosque como la superficie continua con cubierta dominante de árboles (plantas leñosas con fuste y copa definida, en su madurez alcanzan una altura mínima de 5 m y un diámetro mínimo de 10 cm), y una cobertura de copa mínima del 30%, formando una masa continua de un mínimo de 0.5 hectáreas con un ancho mínimo de 60 metros (CGI 2020) e incluye los bosques derivados de plantaciones forestales para fines de aprovechamiento forestal y de restauración.

Esta definición operativiza técnicamente el concepto de bosque en la ENREDD+ para efectos del NREF/NRF y el MRV REDD+, y se basa en el alcance de los métodos y herramientas que se tienen en el país bajo sus circunstancias nacionales, que hacen posible la medición y monitoreo de bosques, tomando como base, la amplia definición de bosque de la Ley forestal, que lo describe como: “El ecosistema en donde los árboles son las especies vegetales dominantes y permanentes” (Decreto 101-96).

La definición de bosque del NREF/NRF en el país, se considera que armoniza en sus indicadores y parámetros, las definiciones de bosque, usadas en los insumos y herramientas nacionales para su medición y monitoreo, como la definición usada en el Inventario Nacional Forestal (INF-Segundo Ciclo) (INAB-CONAP, 2020), en los mapas de cobertura forestal y dinámica de la cobertura forestal (INAB-CONANP-URL/IARNA-UVG y MARN 2016) y en la malla sistemática de puntos de muestreo (MSPM-DA) que se utiliza en el presente NREF/NRF para los datos de actividad (ver Sección 4.1.1.1). También esta definición de bosque es la misma que se emplea operativamente para dar consistencia a los reportes nacionales que se han generado recientemente para la CMNUCC del sector UTCUTS, como lo es la Tercera Comunicación Nacional (3CN) y en el ámbito de programas subnacionales para REDD+ en la definición de bosque para el PRE del FCPF, ya que sus estimaciones también fueron obtenidas con la MSPM-DA al igual que el NREF/NRF (Tabla 6).

Solamente el informe que presenta Guatemala para la Evaluación de Recursos Forestales Mundiales de FAO²⁶ (FRA 2020) difiere en su definición de bosques, ya que se realiza en función de los términos y definiciones que se recomiendan en dicha evaluación con fines estandarización de conceptos²⁷. EL FRA 2020 define el bosque como: “tierras forestales o sin ningún uso que se extienden por más de 0.5 hectáreas, dotadas de árboles que alcanzan una altura superior a 5 metros y una cubierta de copas superior al 10 por ciento. El término excluye de manera específica las formaciones de árboles utilizados en sistemas de producción agrícola, por ejemplo, plantaciones frutales y sistemas agroforestales, y también excluye los árboles que crecen en parques y jardines urbanos”. Esta definición solo es diferente en el parámetro de cobertura mínima, que es de un 10%, no obstante, el FRA 2020 de Guatemala se realizó utilizando los métodos e insumos de los mapas de cobertura y la cobertura de la dinámica forestal de 2001 a 2016, por lo cual la definición operativa de bosque en el FRA también es consistente con la definición del NREF/NRF (Tabla 4).

Tabla 4: Indicadores y sus parámetros de la definición de bosque en diferentes insumos, herramientas y reportes en el sector UTCUTS en la República de Guatemala.

Indicador	Mapas de Cobertura y su dinámica forestal	INF-Segundo ciclo	FRA-FAO	PRE-FCPF	3CN-CMNUCC	NREF/NRF
Superficie mínima (Ha)	0.50	0.54	0.5		0.5	
Cobertura mínima (%)	30-40	30	10		30	
Ancho (m)	60	60			60	
Altura (árboles)	5	5	5		5	
Diámetro (árboles)	10	10			10	

²⁶ <https://www.fao.org/3/cb0105es/cb0105es.pdf>

²⁷ <https://www.fao.org/3/l8661ES/l8661es.pdf>

El NREF/NRF como parte del MRV REDD+ comparten la misma definición de bosque, por lo tanto, la definición del NREF/NRF se establece como la definición oficial de reportes para la CMNUCC, y los reportes nacionales relacionados con el sector UTCUTS que sean requeridos. Dicha definición, al igual que el NREF/NRF, puede ser sujeta a cambios bajo el enfoque de mejora gradual, en las actualizaciones del NREF/NRF y el MRV REDD+.

3.3. Categorías de tierras forestales y usos de la tierra en el NREF/NRF

En el NREF/NRF se establecen las categorías de uso de tierra conforme a las directrices del IPCC (2006) que son tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, asentamientos, humedales y otras tierras. En cada categoría se encuentra representada la gran diversidad de ecosistemas vegetales y de usos agropecuarios que se tienen Guatemala. La clasificación de las categorías de tierras del NREF/NRF se consolidó con base en la experiencia que se tiene en el país en la generación de cartografía para los mapas de cobertura forestal y su dinámica generados entre los periodos 2001-2016 (INAB, CONAP, MAGA, MARN, UVG y URL. 2019), los mapas de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra de la República de Guatemala (DIGEGR-MAGA, 2015) y el mapa de alta resolución de Bosque y Uso de la Tierra 2012 (GIMBOT, 2014).

El sistema de clasificación en el primer nivel jerárquico toma como referencia general las categorías de la representación coherente de la tierra de las directrices del IPCC (2006), y para las clases y subclases de bosques y usos de la tierra, se utiliza la clasificación CORINE landcover, que es la que se ha adaptado en la cartografía generada a las condiciones de los bosques y usos de la tierra de Guatemala (GIMBOT 2019). Desde 2001 se ha llevado a cabo una estandarización gradual en las clases de cobertura forestal y uso de la tierra, para poder ser comparativa en la generación de cartografía que se realiza con distintos insumos de resolución espacial de sensores remotos (ej. Landsat y Rapid Eye) (GIMBOT, 2014).

La clasificación está anidada jerárquicamente en tres niveles con sus respectivas clases y cuenta con la mayor resolución conceptual que se ha podido obtener para inventarios GEI, lo cual permite describir mejor la cobertura y dinámica de las tierras forestales para el país (GIMBOT, 2019). Esta clasificación identifica los elementos de bosque de manera más

específica, y permite explotar el potencial de insumos, que se obtienen con el uso de datos de diferentes sensores remotos, y del Inventario Nacional Forestal e inventarios forestales para diferentes propósitos, para poder caracterizar de lo general a lo particular las diferentes clases de cobertura en sus tres niveles, que compone la cobertura forestal y los usos de otras tierras que se describen a continuación y se muestran en la Tabla 5. Además, se cuenta con un refinamiento de la clasificación que es un esfuerzo en el que se mejoraron las definiciones y umbrales para el país, aumentando de 37 a 88 clases. (GIMBUT, 2020)

a) Tierras Forestales: Es toda la superficie de tierra con vegetación que cumple con los umbrales de los indicadores y parámetros de la definición de bosque del NREF/NRF. También incluye la vegetación que tiene en su estructura y composición, una dominancia y abundancia de especies arbóreas que se encuentra por debajo de los umbrales de la definición de bosque, pero que potencialmente podría ser una tierra forestal in situ (Nivel 1). De tal manera, que se consideran tierras forestales a los bosques y las plantaciones forestales que en su conjunto tienen una extensión a nivel nacional de 3,614,628.25 Ha con el 33.2% del territorio nacional. La clase de bosques (Nivel 2), se refiere a los bosques permanentes originados por la regeneración natural o el manejo de la regeneración natural principalmente, estos tienen una extensión de 3,521,724.45 Ha (97.4% de las tierras forestales) y se conforman (Nivel 3) de los bosques latifoliados, siendo estos los de mayor extensión con 2,739,225.44 Ha (75%), seguido del bosque mixto con 430,039.24 Ha (11.9%), los bosques de coníferas con 325,642.18 Ha (9.0 %) y por último el bosque manglar con 26,817.59 Ha (0.7%) (subclases). Las plantaciones forestales (Nivel 2) de coníferas y latifoliados (Nivel 3) tienen una extensión de 92,903.80 Ha (2.6% de las tierras forestales), se componen de especies maderables con una estructura homogénea (edad y distribución espacial) y son originadas y mantenidas por intervención humana (manejo) con fines de aprovechamiento maderable. Las plantaciones de coníferas tienen una extensión de 57,466.27 Ha (1.6%) y las especies más frecuentemente establecidas son los pinos (*Pinus spp.*), ciprés (*Cupressus spp.*), pinabete (*Abies spp.*) entre otras con afinidad a los bosques templados. Las plantaciones de latifoliados tienen una extensión de 35,437.53 Ha (1.0% de las tierras forestales) y las especies más frecuentemente establecidas son la caoba

(*Swietenia* spp.), cedro (*Cedrela* spp.), palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* o *Cybistax donnell-smithii*), melina (*Gmelina arborea*), matilisguate (*Tabebuia rosea*), teca (*Tectona grandis*), eucalipto (*Eucalyptus* spp.) y otras de mayor afinidad a los bosques tropicales.

b) Tierras de cultivo: Comprende las tierras cultivadas de forma anual, las tierras en barbecho o descanso, los cultivos de plantas perenes o permanentes y sistemas agroforestales (Nivel 2) estas tienen una extensión de 2,435,611.99 Ha con el 22.4% del territorio nacional. En las tierras cultivadas de forma anual, incluye los campos de cultivos de no mayor a un año, como la caña, arroz, granos básicos, hortalizas y otros (Nivel 3). En los cultivos permanentes están las plantaciones agroindustriales con especies introducidas que se expanden en todo el país, y el proceso de plantación conlleva a la deforestación a tala rasa para el establecimiento (Alonso-Fradejas et al., 2011, Duarte et al. 2012). Las plantaciones de este tipo son principalmente de hule (*Hevea brasiliensis*), café y palma de aceite africana (*Elaeis guineensis*), y de plantas no leñosas como el plátano (Nivel 3) (ANACAFE 2018, <https://www.anacafe.org/glifos/index.php/>). Los sistemas agroforestales, por lo general también se componen de cultivos permanentes leñosos y no leñosos, a diferencia que este sistema presenta diversos arreglos estructurales y ensamblajes de especies no maderables y maderables (al menos el 20% de las existencias) (ej. café, cardamomo, banano, macadamia y hule), en esta clase se considera el café cuando se encuentra bajo la sombra de especies arbóreas (ej. Especies plantadas como *Inga* sp, *Grevillea robusta*, *Erythrina* sp., y también especies que crecen naturalmente, *Alnus* sp, *Cedrela* sp, *Cordia* sp, *Gliricidia*, *Persea* sp., etc...) (ANACAFE 2018, [https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Sombra en el cafeto](https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Sombra+en+el+cafeto)). Adicionalmente, también son consideradas tierras de cultivo las zonas donde recientemente se han hecho prácticas agrícolas y se encuentran en barbecho o descanso (Nivel 2) con vegetación por debajo de los umbrales de bosque.

c) Pastizales: Esta categoría se compone de las tierras usadas para pastoreo y los pastizales naturales que no se consideran tierras de cultivo u otras tierras, tienen una extensión de 4,371,267.45 Ha que comprende el 40.1% del territorio nacional. Incluye sistemas con

vegetación boscosa comúnmente perturbada por el pastoreo y/o compuesta principalmente por especies leñosas menores (troncos delgados y de baja altura), como los matorrales y/o guamil, vegetación arbustiva natural no arbórea y vegetación con árboles dispersos (densidad de copas <30%) (Nivel 2), formaciones vegetales que contienen predominantemente hierbas, matorrales y maleza que están por debajo de los valores umbrales utilizados en la categoría de tierras forestales. La categoría considera a los pastos naturales o cultivados (Nivel 2) vinculados a la explotación ganadera, al igual que incluye a los sistemas agrosilvopastoriles (Nivel 2) que combinan pastos ya sea introducidos o nativos, con el establecimiento de árboles multipropósito con uso principalmente forrajero, para la alimentación (frutos) y con al menos el 20% de especies maderables (madera para construcción y leña).

d) Humedales y cuerpos de agua: Esta categoría incluye las zonas de extracción de turba y la tierra que está cubierta o saturada de agua durante todo el año o durante parte de éste y que no está dentro de las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizal o asentamientos tienen una extensión de 239,442.78 Ha que corresponde a 2.2% del territorio nacional. Incluye los reservorios como subdivisión gestionada y los ríos naturales y los lagos como subdivisiones no gestionadas. Son superficies cubiertas de lagos, lagunas y lagunetas con agua natural continental estancada y embalses con agua estancada artificialmente. También la conforman los ríos y humedales donde la mayor parte del tiempo están inundadas de agua dulce, salobre o salada, propicio para vegetación de especies hidrófilas.

e) Asentamientos: Es la tierra desarrollada, incluida la infraestructura de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño, a menos que ya estén incluidos en otras categorías con una extensión de 156,116.69 Ha con solo el 0.7% del territorio nacional. Contiene zonas de tejido urbano continuo con infraestructura residencial, industrial y vías de comunicación, así como zonas urbanas discontinuas que se encuentran generalmente en áreas rurales que se caracterizan en agrupaciones de edificaciones residenciales,

comerciales e industriales que no estén ligadas a un tejido urbano continuo (ej. Ingenios azucareros, camaroneras, salineras, beneficios del café, entre otros.)

f) Otras tierras: Esta categoría incluye el suelo desnudo, roca y todas aquellas zonas que no estén incluidas en ninguna de las otras cinco categorías, es la de menor extensión con tal solo 70,875.06 Ha con el 0.7% del territorio nacional. Permite que el total de las superficies de tierra identificadas coincida con la superficie nacional de la que se tienen datos. Si hay datos disponibles, se aconseja que los países clasifiquen las tierras no gestionadas dentro de las categorías de uso de la tierra descritas anteriormente (por ejemplo, dentro de las Tierras forestales no gestionadas, los pastizales no gestionados, y los humedales no gestionados). Esto mejora tanto la transparencia como la capacidad para realizar el seguimiento de las conversiones del uso la tierra de determinados tipos específicos de tierras no gestionadas en otros tipos que se encuentren dentro de las categorías anteriores. En esta categoría, para las tierras con vegetación que no se clasifican como bosque, se encuentra la vegetación de los páramos que se encuentran a gran altitud en zonas montañosas dominados por plantas herbáceas. Entre las clases que no incluyen vegetación están los suelos sin cubierta vegetal o lugares donde la cubierta vegetal es muy escasa como playas y playones, áreas con material parental predominante (rocas) y zonas con materiales derivados de actividad volcánica reciente (Nivel 3).

Nivel de Referencia de Emisiones/Absorciones Forestales de Guatemala

Tabla 5: Categorías de tierras IPCC (Nivel 1), clases de cobertura forestal y usos (Nivel 2) y subclases de cobertura forestal y usos (Nivel 3) con su correspondencia jerárquica que se usan para identificar la cobertura de bosque, uso de la tierra y su dinámica de cambio.

Nivel 1 Categorías (IPCC)	Nivel 2 Clase Nacional	Nivel 3 Sub Clase Nacional
Tierras forestales	Bosque	Bosque de coníferas
		Bosque latifoliado
		Bosque manglar
		Bosque mixto
	Plantaciones forestales	Coníferas
Latifoliados		
Tierras de cultivo	Cultivos anuales	Caña
		Arroz
		Granos básicos y hortalizas
		Otros
	Cultivos permanentes	Hule
		Palma africana
		Café
		Banano
		Otros
	Sistemas agroforestales	
Barbecho o en descanso		
Pastizales	Pastos	
	Sistemas silvopastoriles	
	Árboles dispersos	
	Vegetación arbustiva natural	
	Matorral y/o guamil	
Humedales y cuerpos de agua	Lago, laguna o laguneta	
	Río	
	Mar y/o océano	
	Humedal	
	Embalse	
Asentamientos	Tejido Urbano Continuo	
	Zonas urbanizadas discontinuas	
Otras tierras	Suelo desnudo	
	No suelos	Playas y playones
		Coladas de lava
		Arena y ceniza volcánica
		Canteras
		Afloramientos rocosos
	Rocas	
Páramos		

Las categorías a los diferentes niveles se encuentran ampliamente descritas en el “Protocolo metodológico para el uso de la plataforma collect, collect earth, aplicado para la actualización de niveles de referencia de emisiones forestales de gases de efecto invernadero (GEI) de Guatemala 2006-2016” (GIMBUT, 2019)²⁸ y el documento de refinamiento de la clasificación de la cobertura y uso de la tierra (GIMBUT, 2020).

3.4. Actividades REDD+ incluidas

La República de Guatemala incluye en su NREF las actividades REDD+ de la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y degradación de los bosques; y en su NRF la actividad de aumento de las existencias forestales de carbono, tomando en cuenta a nivel nacional 3 de las 5 actividades REDD+ elegibles de acuerdo con la decisión 1/CP.16, párrafo 70.

En el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de la Tercera Comunicación Nacional de Guatemala (3CN), en su análisis de categorías principales de 2001 a 2016, se identifica, que el sector UTCUTS contribuyó con las dos terceras partes de las emisiones y a su tendencia en el incremento de emisiones en el país con respecto a todos los sectores y se identificaron 5 categorías principales como fuentes de emisiones y sumideros de carbono por sus absorciones (MARN, PNUD y SEGEPLAN, 2021). Las categorías principales son definidas como prioritarias en el INGEI porque influyen significativamente en el inventario total de Guatemala, ya sea por su alta aportación, su tendencia, o por la incertidumbre que posea, pueden ser tanto las categorías que son fuente de emisión, como también los sumideros por sus absorciones o remociones de carbono (Herold et al., 2006).

Las categorías principales del sector UTCUTS que tuvieron tendencias importantes como fuentes emisoras, y que contribuyeron aproximadamente la mitad de las emisiones brutas del país en 2016, son la categoría de las tierras convertidas en tierras de cultivo, de tierras

28

http://www.snicc.marn.gob.gt/Content/PDF/Protocolo_Metodol%C3%B3gico_COLLECT_EARTH_vf_junio2019.pdf

convertidas en pastizales y de las tierras forestales que permanecen como tierras forestales. Las dos primeras categorías que corresponden a las tierras convertidas a cultivo y pastizales, sus emisiones fueron derivadas principalmente de **la deforestación** por la conversión de tierras forestales, mientras que las emisiones de las tierras forestales permanentes fueron producto de **la degradación** de bosques por la extracción selectiva de leña y madera, y los efectos de los incendios forestales en los bosques. Este diagnóstico identifica que históricamente en el país la deforestación y la degradación son actividades REDD+ importantes emisores a tomar en cuenta para la reducción de emisiones en la mitigación a cambio climático (MARN, PNUD y SEGEPLAN, 2021).

Por otro lado, en las tierras forestales en UTCUTS también identificaron categorías principales que reportan importantes absorciones o remociones de carbono como sumideros. Estas fueron las categorías de las tierras convertidas a tierras forestales y las tierras forestales que permanecen. En las tierras convertidas a tierras forestales, sus absorciones son debido al establecimiento y crecimiento de nuevos bosques en tierras abandonadas por la regeneración natural o por el establecimiento de plantaciones forestales y en la categoría de la permanencia de las tierras forestales es por el incremento de carbono derivado del crecimiento natural de los bosques después de haber sufrido algún tipo de disturbio que ocasionó una degradación y posteriormente se recuperó la cobertura (MARN, PNUD y SEGEPLAN, 2021). Ambas categorías principales tienen un importante aporte en **el incremento o aumento de existencias de carbono o de reservas de carbono** en UTCUTS como actividad REDD+, que se considera prioritario incentivar y así buscar recuperar la capacidad y la función que se tenía en el sector UTCUTS, de ser principalmente un sumidero de carbono y no un emisor como lo es en la actualidad.

Es importante señalar que la 3CN en su análisis de categorías principales se utilizaron todos los datos disponibles históricos y para el análisis del periodo 2010-2016, los cuales fueron usados los mismos métodos e insumos que en el presente NREF/NRF.

Las dos actividades REDD+ seleccionadas por su importancia en la contribución de emisiones por deforestación y degradación y la tercera actividad REDD+ para la mejora de

sumideros de carbono mediante el incremento de existencias de carbono son también se describen a continuación:

Deforestación

La deforestación es la transformación de las tierras forestales a cualquier otro uso de la tierra (tierras de cultivo, pastizales, asentamientos humanos y otras tierras) como consecuencia de acciones antropogénicas (GCI, 2020). Estas conversiones de tierras forestales a un uso de la tierra no forestal se describen en la Tabla 6 con respecto a la clasificación de categorías de tierras del NREF/NRF.

Tabla 6: Dinámica de la deforestación y sus conversiones a otros usos de la tierra.

Tipo de dinámica en la deforestación	Tipos de Conversiones a tierras no forestales		
	Clase	Sub clase	
Tierras forestales convertidas a tierras agrícolas	Cultivos anuales	Caña	
		Arroz	
		Granos básicos y hortalizas	
		Otros	
	Cultivos permanentes	Hule	
		Palma africana	
		Café	
		Banano	
	Otros		
Sistemas agroforestales	No aplica		
Tierras forestales convertidas a pastizales	Pastos	No aplica	
	Sistemas silvopastoriles		
	Árboles dispersos		
	Vegetación arbustiva natural		
	Matorral y /o guamil		
Tierras forestales convertidas a humedales y cuerpos de agua	Lago, laguna o laguneta	No aplica	
	Río		
	Mar y/o océano		
	Humedal		
	Embalse		
Tierras forestales convertidas a asentamientos	Tejido Urbano Continuo	No aplica	
	Zonas urbanizadas discontinuas		
Tierras forestales convertidas a otras tierras	Suelo desnudo	No aplica	
	No suelos		Playas y playones
			Coladas de lava
			Arena y ceniza volcánica
			Canteras
			Afloramientos rocosos
Páramos	Rocas		

La deforestación en general se debe en consecuencia a la presión sobre los bosques debida a actividades ganaderas, con transformaciones a pastizales de vegetación predominantemente herbácea, arbustiva y con presencia de elementos arbóreos dispersos o por debajo de los umbrales de la definición de bosque y a las transformaciones hacia la producción agrícola (cultivos agrícolas anuales y perenes y sistemas agroforestales).

Las principales causas directas de la deforestación identificadas en la ENREDD+ en el periodo que va de 2006-2016 fueron: el aprovechamiento no sostenible de productos forestales, que es el responsable de la mayoría de la deforestación en un 39%, seguido de la expansión de actividad ganadera no sostenible con el 34% y la expansión de la actividad agrícola no sostenible con el 24%. Si bien, el aprovechamiento no sostenible de los productos forestales es una de las causas principales, esta ocurre cuando cambia la tierra forestal hacia la vegetación arbustiva, árboles dispersos y matorrales y/o guamiles. Por ello, esta principal causa, es parte también de un proceso que se realiza con el fin de cambio de uso de suelo hacia el uso de la tierra de pastizales, que se encuentra vinculada con conversiones a sistemas ganaderos. Por lo tanto, cabe destacar que las conversiones a pastizales para uso ganadero en la república de Guatemala son predominantes, ya que la deforestación que es causada por el aprovechamiento no sostenible de productos y la expansión de ganadería no sostenible en su conjunto causan el 73% de la deforestación en Guatemala (GCI 2020).

El proceso de deforestación en general involucra la remoción total de los reservorios de carbono de los bosques en la biomasa aérea y subterránea de los árboles, donde se concentra la mayor parte del carbono en los bosques del país. Esta remoción de árboles es para favorecer especies herbáceas como forraje para el incremento de la producción y liberar áreas para el establecimiento de cultivos.

Además de estas tres principales causas, existen otras causas que ocurren en menor proporción, como los asentamientos humanos (expansión urbana y de infraestructura) que solo representa el 1% de la deforestación y la causada por conversiones a otras tierras y humedales, con tan solo el 2%, donde posiblemente fueron eventos naturales como los

deslizamientos de suelo o cambios en los cuerpos de agua (GCI, 2020). El análisis de causas en la ENREDD+ se realizó conforme a los mismos métodos e insumos para el presente NREF/NRF que se describe en la sección 4.1.1 sobre los datos de actividad.

Degradación

La degradación sucede en cualquiera de las clases y subclases de las tierras forestales que permanecen como tierras forestales, pero que tienen pérdidas parciales de entre el 30% y 70% de su cobertura de árboles con respecto a su estado inicial (GCI 2020). Este concepto de degradación se usa como un indicador para traducir de manera indirecta la disminución gradual del carbono contenido en la biomasa (INAB et al., 2015) y su potencial relación con la disminución de la calidad del estado de los bosques, respecto a los elementos (estrato vegetal, fauna, suelo) del ecosistema forestal, sus interacciones y funcionamiento que les da la capacidad para proveer de servicios ambientales, tales como la regulación de gases en la atmósfera (Lanly, 2003).

Se ha identificado en al ENREDD+ mediante métodos participativos de diálogos con sus actores en todo el país, que la causa más extendida de degradación en Guatemala es el aprovechamiento no sostenible de productos forestales, que consiste en la extracción selectiva e intensiva del recurso forestal (árboles para leña, uso local o transformación comercial) y esta se ve reflejada en la remoción parcial del arbolado y su pérdida de cobertura (GCI 2020). En Guatemala, se estima que el 70% de los hogares utilizan leña para cubrir sus necesidades de cocción de alimentos lo que provoca una debilidad de la gobernanza en algunas zonas forestales, donde el 95% del flujo de productos forestales son de origen ilícito (GCI, 2019).

La segunda causa de la degradación se identificó basado en evidencias de cicatrices de incendios forestales de 2006 a 2012 que inciden en áreas estimadas como degradadas en el presente NREF/NRF (Ver sección que inciden), dichas áreas comprendieron solo el 8% (13,425 Ha) de su superficie degradada a nivel nacional. Esta degradación por incendios se les atribuye la pérdida parcial de árboles por la mortalidad como efecto del incendio forestal.

Y, por último, como la tercera causa de degradación, son las plagas y enfermedades forestales, que reportan una incidencia importante en áreas con licencias otorgadas para el manejo forestal y que han sido manejadas con fines de saneamiento en el INAB con alrededor de 14,018 Ha.

Este conjunto de causas, tienen una interacción de efectos que en general reducen parcialmente la cobertura forestal y se captura como degradación en un contexto generalizado, donde el proceso de degradación implica pérdida de elementos arbóreos en reservorios de carbono aéreos y subterráneos.

Aumento de existencias de carbono

En Guatemala la actividad de aumento de existencias es para atender la problemática relacionada con la deforestación y degradación, y se centra en dos actividades que las atienden directamente con el fin de recuperar la capacidad de los bosques como sumideros en el país, restaurando sus ecosistemas para fines de conservación y el manejo forestal.

Una actividad es el establecimiento de plantaciones forestales (coníferas y latifoliados) en áreas que han sido afectadas por la deforestación mediante los incentivos forestales, para aumentar la cobertura de bosque a nivel nacional en zonas identificadas con potencial de desarrollo forestal y/o vocación forestal (Figura 7), para convertirlas en zonas forestales productivas para el aprovechamiento forestal sostenible y en áreas destinadas la conservación y restauración de los ecosistemas forestales, utilizando el esquema de los programa de incentivos forestales de PROBOSQUE y PINPEP (GCI 2020).

La segunda actividad es la recuperación de procesos de degradación en las zonas de permanencias de tierras forestales, que se recuperaron ganando más del 30% de su cobertura forestal inicial. Este indicador de ganancia de cobertura se relaciona con una mejora en restablecer la diversidad, funcionalidad, productividad y los servicios ecosistémicos en las tierras forestales que han sido utilizados en sistemas de producción forestal no sostenible (GCI 2019). Dichas tierras forestales degradadas, se tiene el objetivo de recuperarlas con acciones de restauración, protección y conservación en el marco de la

ENREDD+ y con el apoyo de todos sus programas descritos en la sección 2.1. con la orientación de la zonificación productiva sustentable para la armonización del paisaje productivo forestal (Figura 7).

El aumento de existencias de carbono forestal mediante las plantaciones forestales y su recuperación de la degradación, es uno de los principales retos del país, ya que busca mejorar y restaurar extensivamente las tierras forestales que permanecen como tales e incrementar la cobertura forestal, con el establecimiento de sistemas productivos y de conservación de bosques, que generan bienes y servicios ambientales para sus propietarios y la sociedad, realizando un uso sostenible de las comunidades y poblaciones que viven dentro o fuera de ellos (CGI 2020).

Las actividades no incluidas en el NREF/NRF fueron el **manejo sostenible del bosque (MSB) y la conservación de reservorios de carbono**. Estas dos actividades en la actualidad se contemplan realizarlas en la ENREDD+ y tienen diversos grados de avance en su diseño e implementación en el territorio, lo que limita la información disponible para incluirlas en presente NREF/NRF.

En la ENREDD+ se promueve el manejo sostenible de bosques para que las buenas prácticas de manejo de recursos forestales y sus beneficios económicos, ambientales y sociales derivados de los bosques, tengan efectos indirectos positivos para detener la deforestación, degradación y mejore la calidad de los bienes y servicios que proporcionan los bosques.

En Guatemala hay zonas que ya se encuentran bajo MSB exitoso con certificación internacional como el área de la iniciativa REDD+ del proyecto Guatecarbon (ver sección 2.1) en los bosques de latifoliados y también existen bastas áreas en el país en los bosques de coníferas, que mantienen una industria maderera de productos para consumo nacional y de exportación, que ya se encuentran bajo un manejo forestal, pero con una compleja problemática de tala ilegal y falta de regulación del aprovechamiento forestal por la débil gobernanza que se presenta en dichas zonas (GCI 2018). Estas condiciones, restringen la información nacional de datos nacionales disponibles sobre los volúmenes de madera en el proceso de extracción (ordenamiento forestal y practicas silvícolas) y tener datos de un

registro nacional de toda la cadena de abastecimiento y transformación, como información requerida para la estimación de reservorios y fuentes, siguiendo los métodos las directrices del IPCC (2016) para productos de madera recolectada o derivados de la madera.

En la actividad REDD+ de **la conservación de reservorios de carbono**, los esfuerzos de Guatemala en promover a nivel nacional la conservación biológica demostrada con el SIGAP y la puesta en marcha de la ENREDD+ a través de sus iniciativas, indican la importancia de incluir esta actividad, pero aún se requiere un gran esfuerzo en la generación del conocimiento científico y su sistematización de datos sobre la dinámica de los ecosistemas forestales, que permitirían conocer el balance de carbono y que impacto está teniendo la conservación en las reservas de carbono en los bosques sujetos bajo una categoría de área protegida.

Estas actividades por el momento se consideran complementarias a las actividades incluidas por sus efectos indirectos sobre ellas y tienen el potencial de incluirse con un enfoque gradual en la actualización del NREF y el Sistema MRV, donde se podrían tener estimaciones para todas las actividades REDD+ y conocer su contribución e interacciones en el balance de carbono, y así ajustar las estrategias y acciones para mitigación a nivel nacional.

3.5. Reservorios y Gases Incluidos

Los reservorios incluidos en el presente NREF/NRF fue la biomasa arriba del suelo y la biomasa por debajo del suelo de los árboles. La biomasa arriba del suelo es el reservorio más importante porque contiene gran parte del carbono en los ecosistemas forestales, que se compone de el tronco, ramas y hojas de los árboles, siendo uno de los reservorios más comúnmente cuantificado para los procesos de deforestación y degradación. También es considerado el sumidero de carbono más significativo por su tasa de crecimiento anual y acumulación de carbono. El segundo reservorio de biomasa debajo del suelo, son las raíces que están vinculadas a la pérdida de la biomasa por encima del suelo en árboles en proceso de deforestación y degradación. Para las absorciones como sumideros de carbono las raíces también son contabilizadas como parte del crecimiento y acumulación de carbono en la masa de árboles.

En el NREF/NRF no se incluyen los reservorios de la biomasa de la vegetación no leñosa por no contar con datos de este compartimento y no considerarse significativo. Lo mismo ocurre con la materia orgánica muerta (MOM) y el carbono orgánico del suelo (COS) donde no se cuentan con datos suficientes y consistentes en el país (Ver sección 5.2). Con fines conservadores en la contabilidad de carbono la MOM y la COS para el presente NREF/NRF se consideran como reservorios en estado de equilibrio en los procesos de deforestación, degradación y aumento de existencias de carbono.

Con el segundo ciclo del Inventario Nacional Forestal que está en marcha y que será utilizado para la actualización del NREF/NRF y el MRV REDD+ se están colectando los reservorios de carbono MOM y COS, lo cual proporcionará mejor información para conocer su contribución al carbono forestal total, y para incluir gradualmente en su contabilidad de carbono (INAB-CONAP 2020). También podrá proporcionar información para incluir las actividades REDD+ no consideradas y detallar mejor los procesos de la dinámica del balance de carbono de las actividades REDD+ que ya están contabilizadas.

Tabla 7: Reservorios contabilizados en el NREF/NRF.

Depósitos de carbono	Incluidos	Descripción
Biomasa por encima del suelo	Si	Este es el reservorio más significativo, en el que se incluye el carbono de árboles mayores a 10 cm de diámetro medido a 1.3 m (DAP) provenientes de 2,307 parcelas a nivel nacional, a los cuales se les aplicaron ecuaciones alométricas adecuadas al país para su cuantificación individual en función de su tipo de bosque. Los datos de este reservorio están modelizados en un mapa de estratos de carbono a nivel nacional (ver sección 4.1.2.1). Para las absorciones como sumidero de carbono se aplicaron modelos de crecimiento por tipo de bosque con datos provenientes de sitios permanentes en el país (Ver sección 4.1.2.2)
Biomasa por debajo del suelo	Si	Este reservorio también está modelizado en el mapa de carbono de estratos a nivel nacional (ver sección 4.1.2.1) y se incluye la biomasa por debajo del suelo (raíces), utilizando una ecuación que establece una relación de proporción en función de la biomasa aérea estimada. Para las absorciones como sumidero de carbono se aplicaron modelos de crecimiento por tipo de bosque con datos provenientes de sitios permanentes en el país (Ver sección 4.1.2.2)
Materia orgánica muerta	No	No existen datos para todos los tipos de bosque del país y utilizando datos parciales se estima que las emisiones representan el 5.6% del total de emisiones por deforestación y degradación (Ver sección 5.2 de exhaustividad y completitud)
Carbono en suelos	No	No existen datos para todos los tipos de bosque del país y utilizando datos parciales se estima que las emisiones representan el 5.6% del total de emisiones por deforestación y degradación (Ver sección 5.2 de exhaustividad y completitud)

En el NREF/NRF las actividades de deforestación, degradación y aumento de existencias de carbono solo contabiliza del gas de **dióxido de carbono (CO₂)** usando la por la fracción de 44/12 que es la proporción molecular entre el carbono y el CO₂ (IPCC 2006). No se incluyen los gases diferentes al **CO₂ de metano CH₄, monóxido de carbono (CO) y óxido nitroso (N₂O)** que provienen de los incendios forestales y que ya se han identificado como una

importante perturbación que causa deforestación y degradación, sin embargo, en estimaciones parciales se ha encontrado que sus emisiones no son tan significativas y solo aportan el 0.12% de las emisiones totales por degradación y deforestación (Ver sección 5.2 de exhaustividad y completitud). Las principales limitantes para conocer de manera completa el aporte de los incendios forestales es la falta de información para el cálculo completo de emisiones de incendios forestales en cuanto a su material combustible, sus factores de combustión específicos (proporción de biomasa consumida) para el país y la disponibilidad de datos de localización espacial y su superficie para cada incendio forestal ocurrido en el territorio nacional. Donde también las estadísticas oficiales señalan que alrededor del más del 90% de los incendios son rastreros, donde la principal fuente de emisión es el combustible forestal contenido en la materia orgánica muerta, reservorio que no se tiene cuantificada para todos los tipos de bosques en la actualidad (SIFGUA 2018).

Para contar con una cuantificación completa de los incendios e incluir los gases diferentes al CO₂, y conocer en que procesos de deforestación o degradación intervienen, será importante integrar en un futuro los datos del Inventario Forestal Nacional que cuantifican todos los elementos de la materia orgánica muerta y suelos como combustible forestal (INAB-CONAP 2020) y los datos de cicatrices de incendios del Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana de Incendios y Quemas Agrícolas que se desarrolla en el marco del MRV REDD (GCI 2019 y 2020).

La práctica de tumba roza y quema en la agricultura es otra fuente que está siendo excluida para gases CO₂ y no-CO₂ por no contar con información sobre el dato de actividad y sus impactos en la deforestación y degradación, así como la cantidad de carbono que se emite de cada reservorio. Esta práctica agrícola común a todo el territorio nacional y puede ser una contribución significativa de aporte de gases CO₂ y no CO₂ que no se tiene cuantificada (GCI 2019). De la misma manera que los incendios el Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana de Incendios y Quemas Agrícolas que se desarrolla en el marco del MRV REDD y el INF jugarán un importante papel para su inclusión (GCI 2019 y 2020)

Tabla 8: Se indican los gases incluidos en el NREF

GEI	Incluidos	Justificación/ explicación
CO ₂	Si	Se incluyen las emisiones y absorciones en toneladas de CO ₂ para todas las actividades de deforestación, degradación
Otros GEI	No	Se podrán incluir cuando se incluyan emisiones por incendios y quema de biomasa en prácticas agrícolas que ocasionan degradación y deforestación. En cálculos preliminares los incendios no aportan emisiones significativas en la deforestación y degradación con alrededor del 0.1% de las emisiones totales (Ver sección 5.2).

3.6. Periodo de Referencia para Deforestación, Degradación e Incrementos de Reservas de Carbono.

El periodo de referencia para el NREF/NRF comprende un periodo de 10 años que va del 2006 al 2016. Este periodo cubre el tiempo en el que la Republica de Guatemala se ha preparado para establecer el mecanismo REDD+, elaborando la ENREDD+ para orientar los planes y estrategias nacionales para la mitigación en bosques, creando un marco de gobernanza sólido y estableciendo la política y programas de apoyo adecuados para poner en marcha la implementación del mecanismo REDD+ conforme a la CMNUCC y poder obtener pago por resultados derivados de las reducciones de las actividades REDD+ que presenta el NREF/NRF.

Se considera que a partir del año de 2016 se pueden comenzar a reflejar las acciones implementadas para REDD+ que ya se encuentran realizando los proyectos REDD+, los implementadores que están estableciendo Mecanismos para la Compensación de Servicios Ecosistémicos y Ambientales asociados a los bosques (MCSEAB) y los implementadores de modelos de manejo y administración de áreas protegidas del SIGAP, aplicando los programas de apoyo, como los son los incentivos forestales (PROBOSQUE-PINPEP) que funcionan de manera complementaria desde 2016 y los programas que se establecerán como el FIP y otros, que tienen un alcance nacional y que han estado entrando en funcionamiento gradualmente para la reducción de emisiones. Las acciones que se

implementan e implementarán en un futuro podrán ser evaluadas a través del sistema MRV REDD+ que ya se encuentra en consolidación y medir su desempeño en función de las metas de reducción de la ENREDD+ que tiene a 2035 y 2050, las metas del PRE-FPCF estipuladas en el ERPA a nivel subnacional y de las NDC, en donde su periodo de aplicación para cumplir sus compromisos nacionales de mitigación se estableció para periodo de 2016 al 2030 (Republica de Guatemala 2015).

4. NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL POR DEFORESTACIÓN, DEGRADACIÓN Y AUMENTO EN EXISTENCIAS DE CARBONO DE 2006 A 2016.

4.1. Información y métodos usados para la construcción del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales y el Nivel de Referencia Forestal de 2006 a 2016.

El NREF/NRF de 2006 a 2016, se elaboró en el contexto del trabajo institucional y colaborativo que se desarrolla en el esquema de gobernanza de la ENREDD+ de la República de Guatemala a través del GCI técnico y su GIMBUT responsable de del desarrollo del MRV REDD+. Los insumos, información, métodos y sus resultados, fueron generados y consensuados por las instituciones que conforman al GIMBUT con apoyo técnico de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), siguiendo las directrices del IPCC más recientes, para obtener los datos de actividad, factores de emisión y la estimación de las variaciones históricas de emisiones con su incertidumbre asociada para deforestación y degradación; y de las variaciones históricas de sus absorciones con su incertidumbre asociada para el aumento de las existencias de carbono, conforme al anexo de la decisión 12/CP17 bajo un enfoque de mejora continua.

Las estimaciones históricas de emisiones y absorciones de CO₂ del NREF/NRF de 2006 a 2016, se desarrolló con el enfoque único uso de la tierra, en las tres actividades REDD+ de deforestación, degradación y aumento de reservas forestales de carbono (IPCC, 2006). Las emisiones y absorciones del de CO₂ del NREF/NRF, se obtienen a partir de la multiplicación del dato de actividad -que corresponde al área deforestada y degradada para las emisiones, y para las absorciones en el aumento de carbono, al área de tierras no forestales que se convierten en plantaciones y el área que se recupera de la degradación- por los factores de

emisión (carbono emitido por el proceso de cambio) para deforestación y degradación, y de absorción (ganancia de carbono por la transformación a tierras forestales y su mejora en la calidad del bosque) en el aumento de reservas de carbono por la mejora de la tierra forestal. Este enfoque se representa en la siguiente ecuación (IPCC, 2006)::

$$E/A_{(Def+Deg)-(Incr)} = DA \times FE/FA$$

Donde,

$E/A_{(Def, Deg, Incr)}$ = Emisiones por deforestación y degradación y absorciones por incremento de las reservas forestales de carbono.

DA = Datos de actividad por conversión de tierras forestales a otras tierras (Deforestación), tierras forestales permanentes con pérdida cobertura forestal (Degradación), otras tierras que se convierten en tierras forestales y tierras forestales permanentes degradadas que incrementan su cobertura forestal (Incrementos).

FE/FA = Factores de emisión por deforestación y degradación y factores de absorción por incrementos de carbono de la biomasa forestal.

La información usada para la construcción del NREF/NRF es específica para el país, y se utilizaron en función de ella, los métodos adecuados para tener un alcance nacional conforme a las circunstancias nacionales en Guatemala (tier 2). La información y métodos para el NREF/NRF fueron generados durante el desarrollo del PRE-FCPF, como parte de la preparación de REDD+ en el fortalecimiento técnico institucional y de generación de conocimiento para la ENREDD+, el desarrollo MRV REDD+ y la implementación de REDD+ en todo el territorio de Guatemala (GCI 2019).

Para los DA se empleó un muestreo basado en una malla de puntos, distribuida de forma sistemática en todo el país, que se analiza por interpretación visual a partir de imágenes de satélite de mediana y alta resolución para el periodo del NREF/NRF de 2006 a 2016. La malla de muestreo proporciona información de monitoreo a nivel nacional sobre la cobertura forestal, uso de la tierra y su dinámica del uso de la tierra, donde se cuantifica la pérdida de

cobertura forestal por la deforestación, degradación y la ganancia de cobertura forestal por el establecimiento de plantaciones forestales y la recuperación de la degradación.

Los factores de emisión (FE) se obtuvieron de datos de parcelas de inventarios forestales, incluidas del Inventario Forestal Nacional 2002-2003 y parcelas de estudio para estimación de carbono. Las parcelas se encuentran distribuidas en las tierras forestales de todo el país. De la misma manera a los factores de absorción (FA) para el aumento de carbono, se obtienen de datos de campo de sistema de parcelas permanentes de muestreo (PPM) en plantaciones forestales a nivel nacional para construir los modelos de crecimiento de biomasa y el aumento de carbono anual. La metodología consistió en generar un mapa de estratos de carbono de donde se obtienen los FE de deforestación, degradación; y los factores de absorción (FA) para la recuperación de áreas degradadas a nivel nacional.

Con la información e insumos de DA y FE/FA se estimaron las emisiones con el método del sector UTCUTS (Tier 2 y 3) de cambio de existencias anuales de carbono de los reservorios de carbono de biomasa por encima del suelo y por debajo del suelo, en función de la diferencia de las existencias de carbono antes y después de la conversión de tierras forestales por deforestación y degradación; y en función del crecimiento anual de la biomasa en los cambios en existencias de carbono detectados en el periodo de referencia de 10 años de 2006 a 2016. Este método se representa por la ecuación 2.15 de las directrices del IPCC (2006) y se adaptó para NREF/NRF como se describe a continuación:

$$\Delta C_B = \Delta C_{Gi.t-incr} + \Delta C_{CONVERSION Ni.t-Def,Deg} - \Delta C_L$$

Donde:

ΔC_B = Cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra por deforestación y aumento de existencias de carbono por el establecimiento de plantaciones, y de áreas de tierras forestales que permanecen como tal que se degradan y áreas no forestales que se recuperan de la degradación, en el periodo de referencia de 2006 a 2016.

$\Delta C_{Gi.t-incr}$ = Incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debidas a la conversión de otros usos de la tierra *i* a plantaciones forestales y a los incrementos de carbono en las tierras forestales que permanecen como tal y se recuperan de la degradación, durante el periodo de referencia, expresada en Ton de Carbono por año (aumento de reservas forestales de carbono);

$\Delta C_{CONVERSIONi.t-Def,Deg}$ = Cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa debidas a la conversión tierras forestales a otros usos de la tierra tipo *i* (Deforestación) y de áreas de tierras forestales que permanecen como tierras forestales que se degradan por la pérdida de cobertura forestal en el periodo de referencia, expresada en Ton de C por año;

$\Delta CLi.t$ = Reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a pérdidas producidas por cosechas, colecta de madera-combustible y otras perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de uso en la deforestación , durante el periodo de referencia, en Ton de C por año.

En el NREF/NRF se consideran de manera separada las estimaciones de la deforestación y degradación, cuantificando los cambios iniciales de las existencias de carbono ($\Delta C_{CONVERSIONi.t-Def,Deg}$); y para la actividad REDD+ del aumento de existencias de carbono se cuantifica con el incremento anual en las existencias de carbono ($\Delta C_{Gi.t-incr}$). De la misma manera, en la estimación de cada actividad REDD+, no se toman en cuenta las reducciones anuales de existencias de carbono (ΔCLt) debido a por perturbaciones específicas, como la cosecha en el aprovechamiento forestal, recolección de madera muerta y leña, incendios forestales y plagas y enfermedades, debido a que no se cuenta con suficientes datos para cuantificar de manera anual su ubicación espacial, sus áreas y la magnitud de pérdidas de existencias de carbono.

Las estimaciones de cada actividad REDD+ del NREF/NRF se realizan con supuestos particulares en función de la información disponible, y sus métodos de obtención de los datos de actividad, factores de factores de emisión y factores de absorción. Los insumos usados y los métodos específicos se describen en los siguientes apartados.

4.1.1. Dato de Actividad para deforestación, degradación y aumento de existencias de carbono

Los datos de actividad del NREF/NRF se obtuvieron siguiendo las orientaciones del IPCC (2006) conforme a métodos espacialmente explícitos que determinan las categorías de la tierra y la conversión de las categorías de las tierras y de sus clases y subclases de cobertura de tierras forestales y usos de tierra de la República de Guatemala (Tabla 7).

Para cuantificar los datos de actividad de la deforestación, degradación y el incremento de cobertura forestal que ocasiona el aumento de las existencias de reservorios de carbono, se realizó un muestreo estadístico a partir de una malla de puntos de muestreo a nivel nacional, de evaluación multitemporal de la cobertura forestal, uso de la tierra y cambio de uso de la tierra mediante la interpretación visual, a partir de imágenes satelitales de alta y mediana resolución, en el tiempo que comprende el periodo del NREF de 2006 a 2016 (GIMBUT 2019).

El enfoque del muestreo estadístico tiene la ventaja de proporcionar información precisa y puntual a nivel nacional y subnacional, y describe el peso de las emisiones por tipo de cobertura de bosque, uso de la tierra y sus cambios. Es un método que permite el monitoreo a través de los puntos muestreados usando sus estimadores insesgados que permite calcular la incertidumbre asociada al área que se evalúa.

Los métodos basados en muestras de datos de actividad se reconocen como buenas prácticas y para la medición y monitoreo en REDD+ por la Iniciativa Global de Observación Forestal (GFOI 2020), el Marco Metodológico del Fondo Cooperativo para el Carbono Forestal (FCPF 2013), las Directrices Voluntarias de Monitoreo Forestal (FAO, 2017) y los estándares de carbono Art Tree y JNR de VERRA. Esto es debido a que el método es eficiente en costos y precisión de los datos, además se puede combinar con el enfoque pared a pared para la producción de mapas en el país los que a su vez, pueden servir para mejorar las estimaciones mediante muestreo por medio de técnicas de post estratificación.

Este enfoque ha tomado gran importancia en el contexto de REDD+, porque genera datos de alta calidad a un menor costo, lo que facilita a los países desarrollar el monitoreo y reporte continuamente, a diferencia de evaluar toda la población mediante conteo de píxeles en los métodos de pared a pared, donde los errores sistemáticos que generan los mapas no es posible cuantificarlos y pueden afectar considerablemente el NREF/NRF y los reportes de pago por resultados (Sandker et al. 2021).

Para la recolección de datos de actividad se utilizó la plataforma de código abierto [Collect Earth de Open Foris](#), que sirve para la interpretación visual multitemporal de los cambios de de la cobertura y cambio de uso de la tierra en los bosques. La plataforma utiliza interfaces en Google Earth y formularios HTML y colecciones de imágenes de satélite de Microsoft's Bing Maps, Google earth y Google Engine , que se adaptan al esquema de cada país y asegura la consistencia con la clasificación de la tierra de las directrices del IPCC (2006) (FAO 2015). Las herramientas de Open Foris son auspiciadas por la FAO-UN REDD con el fin de promover procesos transparentes y confiables para los proceso de MRV de REDD+ y reportes a la CMNUCC.

4.1.1.1. Diseño de la malla y tamaño de la muestra para el muestreo sistemático

El muestreo estadístico de los datos de actividad en el periodo del NREF/NRF se realizó con una malla equidistante de 3.1 X 3.1 kilómetros que asigna una porción del territorio nacional en cada cuadrante y de manera aleatoria se establece un punto o parcela de muestreo, resultando en una malla sistemática no alineada con 11, 369 parcelas de muestra en las 10,888,900 Ha que comprende el país (Figura 8).

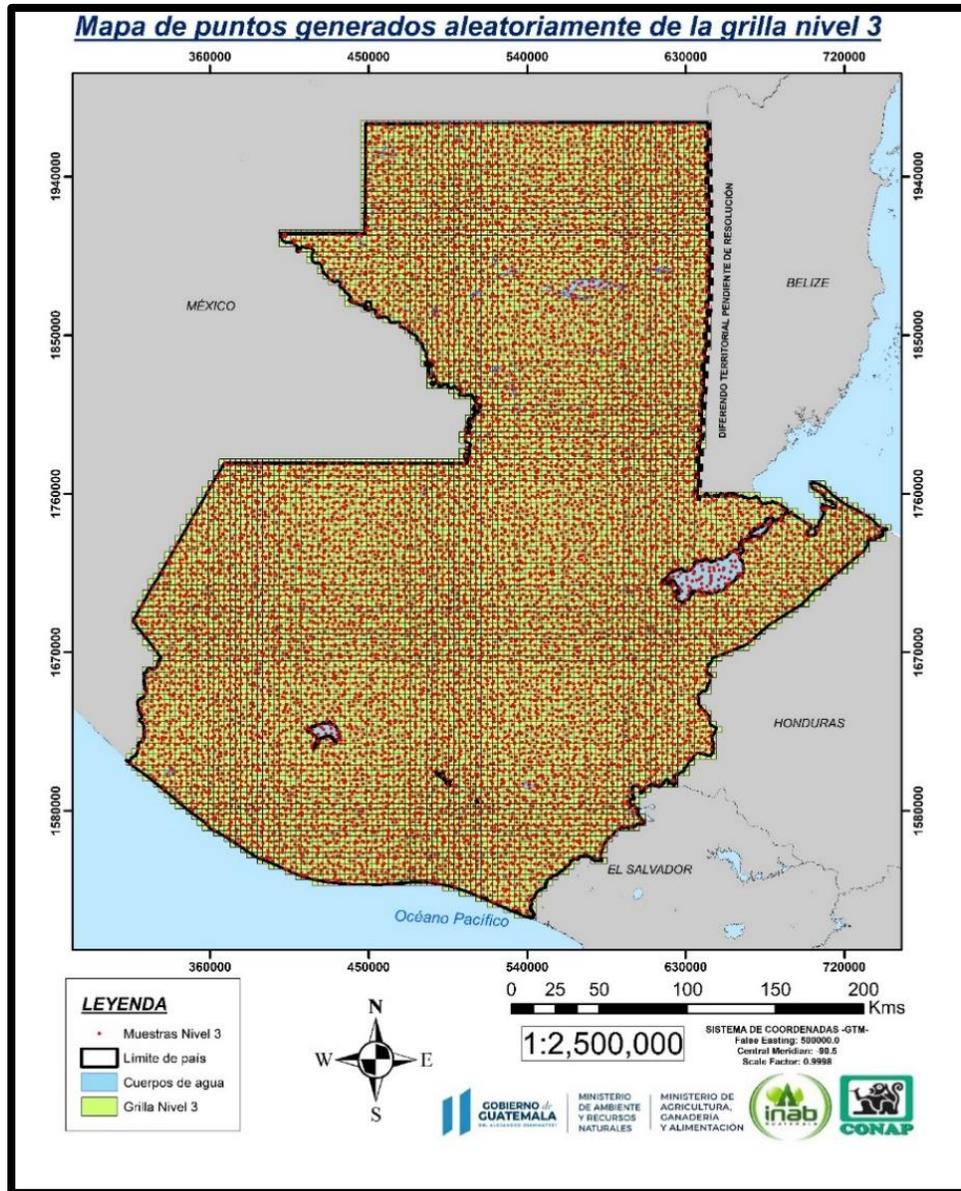


Figura 8.: Malla sistemática de muestreo de puntos a nivel nacional para la medición y monitoreo de la cobertura forestal, uso de la tierra y cambio de uso.

La malla de puntos o parcelas de muestreo es una intensificación de la malla del INF (segundo ciclo) de 12.4 x 12.4 Km con 715 parcelas de muestreo (INAB y CONAP 2020). Esta intensificación se propuso con el fin de establecerla en el NREF/NRF y el MRV REDD+ como la base de medición y monitoreo para la evaluación de la cobertura forestal, uso de la tierra y cambio de uso para el sector forestal. Esto permitirá que la malla del NREF/NRF y el MRV REDD+ se pueda complementar con las parcelas del INF que se muestrean actualmente y

que se utilizarán en un futuro, ya que se mide directamente en campo el estado del bosque y en específico todos los reservorios de carbono y su dinámica en los ecosistemas forestales en el país en ciclos de 5 años (FAO 2021, INAB-CONAP 2020).

Para la recolecta de datos de muestreo mediante la interpretación visual se definieron parcelas (unidades de muestreo) cuadradas de 1 ha, equivalentes a aproximadamente 3x3 pixeles del producto Landsat, como una medida de facilitar el uso de los datos con productos satelitales de mediana resolución. Dentro de la parcela de 1 ha, se estableció una rejilla interna con 25 puntos (5 x 5) separados a una distancia de 20 m, como referencia en la medición de los elementos a evaluar visualmente para determinar la cobertura forestal de las categorías de tierras y su dinámica de cambio dentro de la parcela en el periodo de 2006 a 2016 (Figura 9).

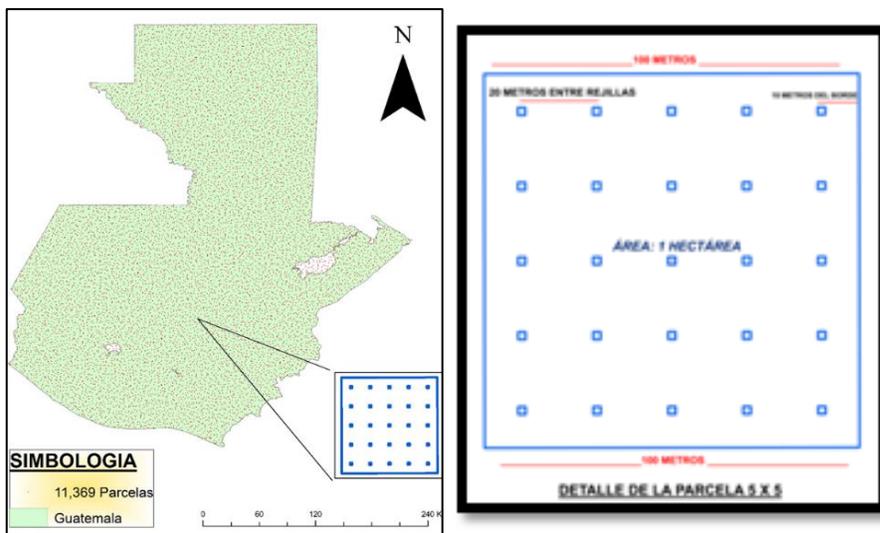


Figura 9: Parcelas de muestreo para la interpretación visual de las categorías de la tierra y su dinámica.

4.1.1.2. Métodos de interpretación visual y recolecta de datos para el muestreo de los datos de actividad.

La malla de muestreo y sus parcelas se ingresaron a la herramienta de Collect Earth en su aplicación de escritorio para realizar el levantamiento de datos de actividad del NREF/NRF. En esta herramienta se diseñó y programó un formulario específico para el levantamiento de datos de muestreo, que sincroniza tres plataformas de colección de mapas (Google

Earth, Google Earth engine y Bing Maps) para la visualización multitemporal de las imágenes de los sensores remotos disponibles de media y alta resolución, con los campos del formulario, y procedimientos para la obtención de datos correspondientes de la interpretación visual para cada parcela. Para esto se homologaron criterios de interpretación, definiciones técnicas y operativas con un equipo de 9 intérpretes (ej. Clasificación de tierras forestales y otros usos, arreglo de bandas espectrales para interpretación, textura, entre otros), que pueden consultarse a detalle en el “Protocolo metodológico para el uso de la plataforma Collect Earth, aplicado para los Niveles de Referencia de Emisiones Forestales de gases de efecto invernadero (GEI) de Guatemala 2006-2016” (GIMBUT 2019).

El análisis e interpretación visual se realizó en el periodo de 2006 a 2016 para cada parcela, donde se detectó la ocurrencia de cambios de las categorías de las tierras forestales hacia las de tierras no forestales para la deforestación (Tabla 8), y también la ocurrencia de cambios de las categorías de tierras no forestales a plantaciones forestales por el incremento del área de tierras forestales.

Para la deforestación e incrementos por plantaciones (incremento de existencias de carbono), se indicó el año en el que se detectó el cambio, asignando la categoría y uso inicial de 2006 con el uso de ortofotos de 2006, y con apoyo de imágenes de años anteriores en las colecciones de Landsat 5 y 7 (RGB= 4,5 y 3). De la misma manera, para la asignación de la categoría de la tierra y uso actual al cual cambiaron para 2016, se utilizaron las imágenes de alta resolución de 2006 a 2016 disponibles en el visualizador de Google Earth, y de mediana resolución disponibles en colección de imágenes Landsat 8 (RGB, 5,6 y 4) (Figura 10).

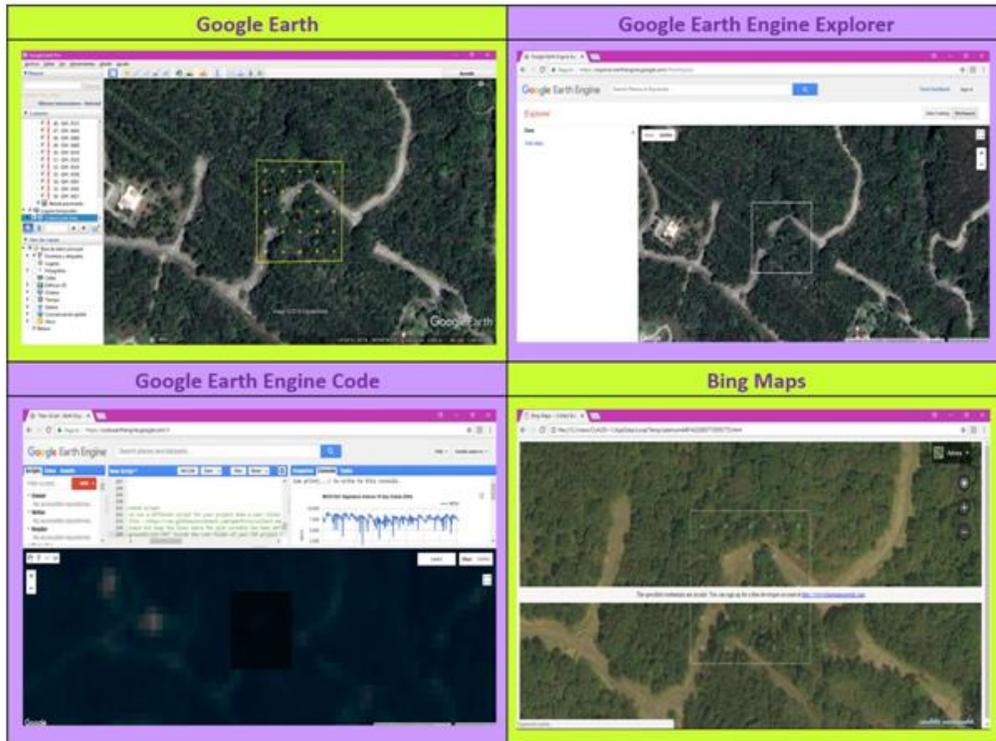


Figura 10: Visualización de las imágenes para la interpretación multitemporal en Collect Earth

En el análisis de interpretación visual también se detectaron los cambios en la cobertura forestal entre 2006 a 2016 de las tierras forestales que permanecían como tierras forestales, que perdían o ganaban cobertura forestal por degradación, e incrementaban cobertura por efecto de recuperación de la degradación. En ambos casos, este cambio se refleja en el porcentaje de cobertura inicial en la parcela con respecto a la final. Este análisis de degradación y recuperación de la degradación en tierras forestales permanentes se utilizó como insumo base para la determinación del porcentaje inicial de cobertura forestal. Para el análisis se emplearon hojas cartográficas y ortofotos del año 2006, por medio del visualizado en un geo portal de la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia²⁹; para determinar el año donde se detecta el cambio de cobertura y el porcentaje de cambio actual a 2016, se usaron las imágenes de alta resolución de 2006 a 2016 disponibles en el visualizador de Google Earth

²⁹ <http://ide.segeplan.gob.gt/geoportal/servicios.html>

Los métodos y variables a recolectar de la interpretación visual, se definieron en los formularios diseñados en Collect Earth para el NREF/NRF, que integran una base de datos resultante con los parámetros necesarios para determinar todas las categorías de tierras, sus clases y sub clases y sus dinámicas de cambio; y las variables necesarias para hacer el cálculo de la degradación y la recuperación de la degradación, que permiten obtener el cálculo del porcentaje de cobertura forestal en las tierras forestales permanentes.

Las variables colectadas en los formularios y su sistematización realizada en la interpretación de la categoría, su cobertura, cambio de uso, degradación y recuperación de la degradación en cada parcela fueron las siguientes.

Elementos de observación en la parcela

Son los componentes naturales y antrópicos que constituyen la cubierta biofísica, y que se pueden observar sobre la superficie de la tierra en las imágenes de sensores remotos para la interpretación, que son los árboles, palmeras, arbustos, pastos, suelo desnudo, cultivo, agua e infraestructura y que están relacionados con una categoría de tierra a nivel del IPCC (Tabla 10). En cada punto de la rejilla de la parcela, se contabilizan los elementos con el objetivo de determinar la dominancia de una categoría de cobertura o uso de la tierra, como se ilustra en la Figura 11.

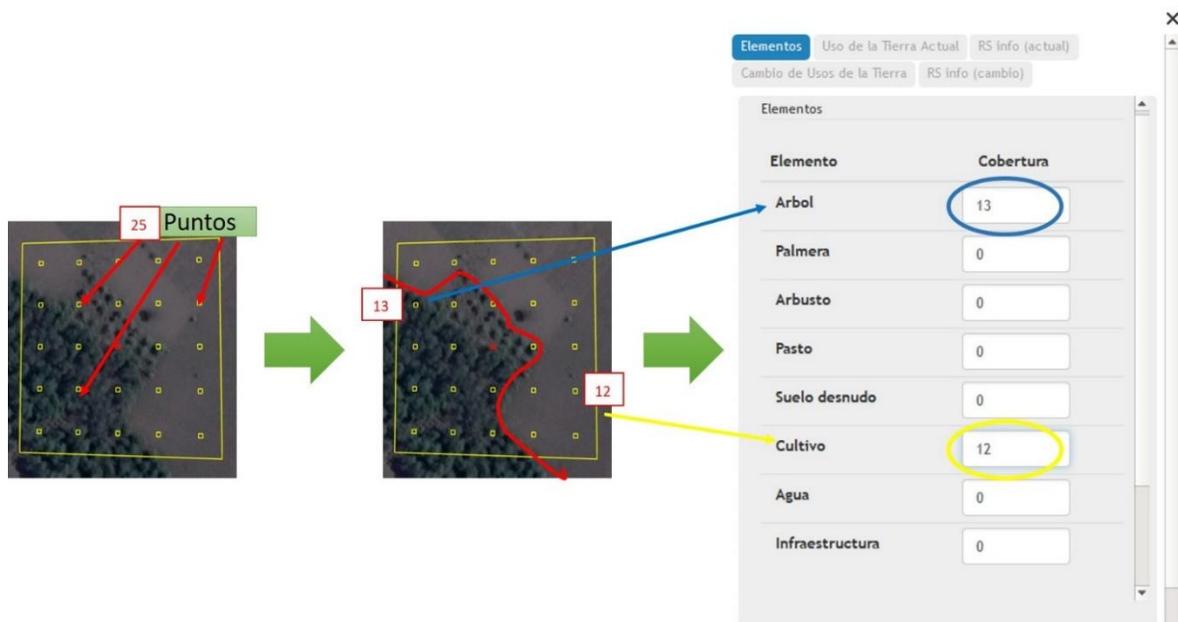


Figura 11: Formulario para determinar de la dominancia de los elementos en una parcela de la malla de muestreo en una tierra de cultivo que cambia a tierra forestal usando imágenes de alta resolución.

Se determina para cada punto de la rejilla su elemento correspondiente interpretado, que queda registrado en la base de datos de Collect Earth para cada parcela para estimar la dominancia de la unidad de muestreo en el periodo 2006 a 2016. Para el análisis de la degradación en tierras forestales que permanecen como tierras forestales, son fundamentales los elementos de árboles que son contabilizados, ya que es aquí es donde se detecta la pérdida de árboles en el uso actual, con respecto a las ortofotos de 2006 como referencia de la cobertura inicial, para estimar un porcentaje de pérdida de cobertura por la cantidad de elementos contabilizados en la cobertura final a 2016. Lo mismo sucede en el análisis de recuperación de la degradación donde se detecta si hay una ganancia de los elementos árboles en el uso actual, con respecto a uso anterior detectado en las ortofotos.

Uso de la Tierra actual e información del sensor

En esta parte del formulario se identifica la clase de cobertura y uso actual a 2016 a los tres niveles jerárquicos de clasificación de las categorías de la de la tierra (Tabla 7), que se observa en la serie multitemporal y se registra la información del sensor con que se realizó el análisis de interpretación del uso actual (Figura 12). Las imágenes disponibles para realizar esta interpretación de uso actual por lo general se encontraban en la plataforma con sensores de alta resolución de Google Earth.



Figura 12: Formulario del uso de tierra y la información del sensor usado para su interpretación visual.

Para la toma de decisión del Uso de la Tierra en la parcela evaluada, se determinaron tres pasos a seguir:

1. Establecer la cobertura mayoritaria con cada uno de los elementos que está asociado a alguna de las categorías de la tierra a nivel del IPCC. En el primer formulario se identifica qué categoría de elementos ocupa el mayor número de puntos en la parcela que tienen una con el uso como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Relación entre las categorías de uso de la tierra a nivel del IPCC (2006) y la cobertura dominante de los elementos encontrados en la parcela.

Categoría de la Tierra	Elemento relacionado
Tierras forestales	Árbol
Tierras de cultivo	Cultivo, palma, árbol
Pastizales	Pastos, arbustos
Humedales y cuerpos de agua	Agua
Asentamientos	Infraestructura
Otras tierras	Suelo desnudo,

2. Interpretar el entorno inmediato de los elementos visualizados para comprobar si cumple la definición de la categoría del uso de la tierra que se le asigna, evaluando todos los elementos mayoritarios. En tierras forestales, la interpretación del entorno inmediato que componen el conjunto de los elementos de árboles es esencial, para aplicar operativamente la definición de bosque del presente NREF/NRF en cualquier categoría que se designe de tierra forestal y sus clases y subclases (Tabla 7). Esto se realiza en la interpretación visual, revisando con la herramienta del visualizador del Google Earth, de medición de polígonos, que los puntos contabilizados en la rejilla de la parcela como árboles, en su entorno inmediato, correspondan a un conjunto que formen a una masa continua de mínimo 0.5 Ha, con un ancho mínimo de 20

metros, tomando como referencia los puntos de la rejilla que se encuentran separados a una distancia de 20 m, como se muestra en el ejemplo de la Figura 14. De una manera similar se realiza para todas las categorías de uso de la tierra y sus elementos relacionados.

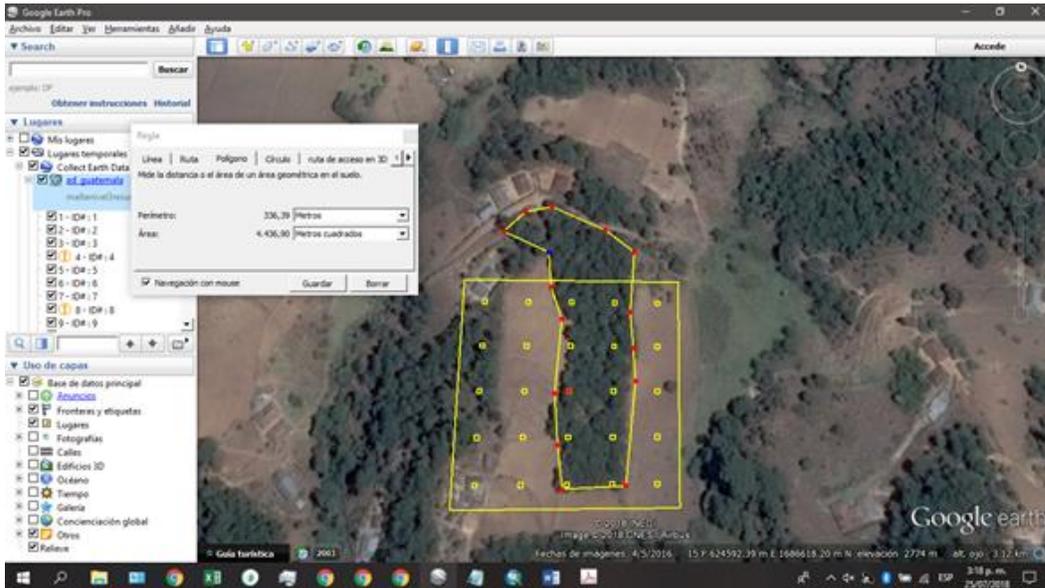


Figura 13: Comprobación del cumplimiento de que los elementos de árboles pertenecen a una tierra forestal en función de la definición de bosque.

3. Al final de la interpretación se determina el uso de la tierra único en los tres niveles jerárquicos de las categorías de tierras (Tabla 5) examinando las características secundarias de los elementos de la parcela para seleccionar la clasificación más apropiada y se ingresa la información al formulario, indicando si la interpretación es confiable. Como apoyo para la interpretación en la toma de decisión de la asignación de la categoría de cobertura o uso de la tierra para todo el proceso de interpretación, se usaron mapas temáticos de la cobertura y uso de la tierra del año 2003 y 2010, mapas de bosques y uso de la tierra 2012, mapas de la dinámica de cobertura forestal 2001-2010, unidades de manejo forestal, las zonas de vida de Guatemala, Clima (Thornthwaite), fisiografía, límites municipales y departamentales y ocupación de suelos.

Cambio de uso de la tierra y sensores usados para la interpretación

Esta es la parte del procedimiento de colecta de datos en el formulario donde se identifica en el periodo del NREF/NRF la fecha en la que ocurre el cambio, tipo de cambio a nivel de categorías de la tierra del IPCC (Tabla 10), y su uso inicial a nivel los tres niveles jerárquicos de clasificación de la tierra (Tabla 5).

Tabla 10: Tipo de cambio a nivel del IPCC.

Clave del tipo de cambio	Descripción
C>C	Tierras de cultivo que permanecen como Tierras de cultivos
F>F	Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales
P>P	Pastizales que permanecen como Pastizales
H>H	Humedales y Cuerpos de Agua que permanecen como Humedales y Cuerpos de Agua
A>A	Asentamientos que permanecen como Asentamientos
O>O	Otras Tierras que permanecen como Otras Tierras
T>C	Tierras convertidas en Tierras de Cultivos
T>F	Tierras convertidas en Tierras Forestales
T>P	Tierras convertidas en Pastizales
T>H	Tierras convertidas en Humedales y Cuerpos de Agua
T>A	Tierras convertidas en Asentamientos
T>O	Tierras convertidas en Otras Tierras

Para detectar el cambio de uso, se revisaron las colección histórica de imágenes Landsat de Google Engine con la combinación de bandas RGB: 4, 5, 3 para Landsat 5 y 7 y RGB: 5, 6, 4 con Landsat 8. Las combinaciones de bandas seleccionadas permiten una mejor diferenciación de los elementos a interpretar en la vegetación, áreas urbanas, suelos desnudos, áreas inundadas y agua (INEGI 2010).

Se etiqueta o se asigna el uso inicial vinculado al cambio, consultando las mismas colecciones de Landsat 5 y 7 y las ortofotos de 2006 por su mejor resolución espacial,

referidas geográficamente a la parcela, para asignar el uso inicial siguiendo los mismos criterios para determinar el uso actual de la tierra descritos en el punto anterior. En caso de no registrarse ningún cambio porque permanece la categoría de tierra, se le asigna como su uso inicial, el uso actual determinado a 2016. Ya teniendo el uso inicial y final se etiqueta según su tipo de cambio (Figura 14).

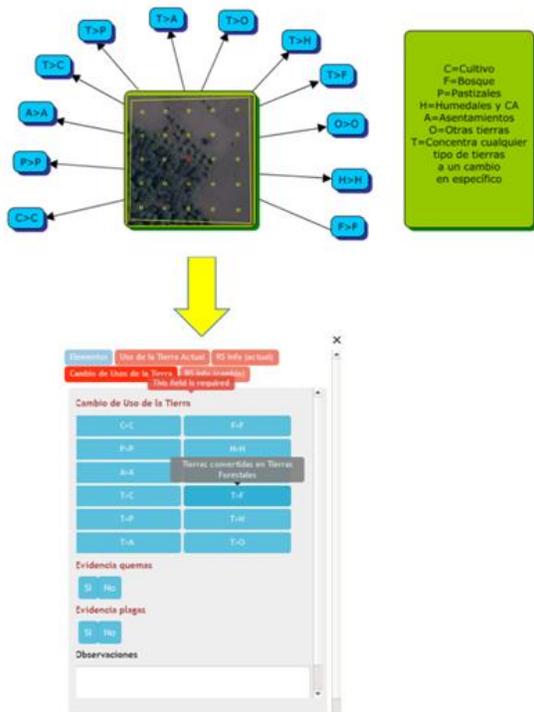


Figura 14: Variables colectadas para caracterizar las conversiones a nivel de IPCC para el cambio de uso de la tierra en Collect Earth.

En la detección de cambio resultado de la revisión histórica de las colecciones Landsat, se registra también en los formularios el año de cambio y el tipo de sensor utilizado con el cual se detectó el cambio (Figura 16)

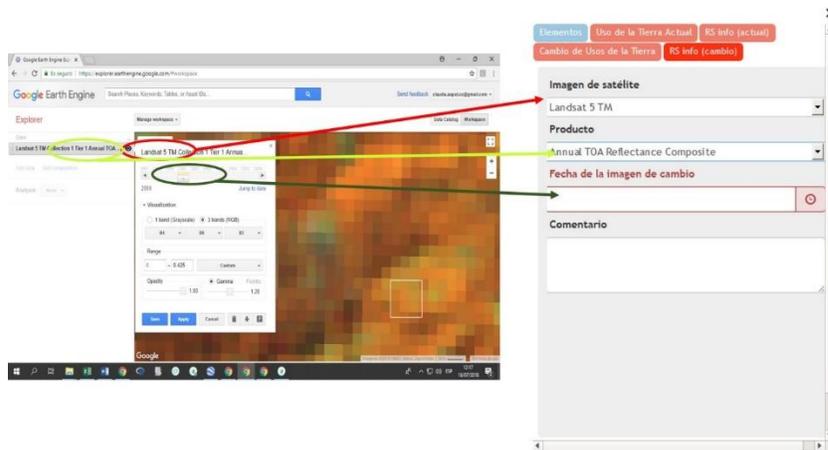


Figura 15: Registro del año de cambio e información del sensor con el cual fue detectado en Collect Earth

Interpretación visual para la degradación y la recuperación de la degradación

Para definir y detectar las parcelas en las cuales sucedía un fenómeno de degradación o de recuperación de la degradación en el periodo de referencia, se usaron las parcelas clasificadas en la cobertura y uso del suelo como permanencia forestal ($F > F$). En las permanencias forestales se detectaron las parcelas degradadas o con una recuperación de la degradación, utilizando como base las hojas cartográficas y ortofotos del año 2006 de alta resolución, para realizar una cuantificación de la rejilla de la parcela en su uso inicial, identificando los elementos calificados como árboles para obtener un porcentaje inicial de tierras forestales. Y para calificar su estado final a 2016 y determinar si existió una pérdida o ganancia de cobertura, se usó la interpretación de elementos de la parcela en su uso actual, que se obtuvo con las imágenes de alta resolución de la plataforma Google Earth.

Con las variables recolectadas de los elementos arbóreos en las parcelas, se tomó como base la cobertura inicial de 2006 de referencia en un 100% y con respecto a ella se determinó si la cobertura final cuantificada a 2016 tenía una reducción o incremento. En las parcelas que se redujo entre 30% y el 70% de la cobertura en todo el periodo, con respecto a la final, se etiquetaron como parcelas degradadas y las que ganaron o recuperaron cobertura entre un 30 o 70% de la cobertura inicial, se etiquetaron como una recuperación de la degradación.

Sistematización de la información de la interpretación visual

Las variables recolectadas se sistematizan automáticamente para cada parcela visualmente interpretada en la plataforma de Collect Earth. Se utilizó un identificador único para cada parcela con su ubicación, la altura sobre el nivel del mar, los elementos observados en la rejilla en su año inicial a 2006 y final a 2016, el tipo de cambio, el uso inicial y actual en sus tres niveles jerárquicos de categorías de la tierra (Tabla 5), año del cambio, la pérdida de cobertura o ganancia de cobertura (para degradación y) en las tierras forestales permanentes. En esta base inicial se revisó la coherencia de sus tipos de cambios detectados, mediante la comparación de los usos de la tierra iniciales en 2006 y sus usos de la tierra finales en 2016 en todos los niveles jerárquicos de clasificación. Se agregó una etiqueta adicional sobre la actividad REDD+ a la que pertenece su dinámica de cambio en cada parcela, para identificar si se encuentra en un proceso de deforestación, degradación, incremento de existencias de carbono por plantaciones forestales, o por la recuperación de la degradación.

Control de Calidad y validación de la interpretación visual

Se realizó un proceso de control de calidad y validación de las 11, 369 parcelas interpretadas del muestreo sistemático de los DA. En este contexto, antes de comenzar el proceso de interpretación visual para el muestreo, ya se había realizado previamente entre los intérpretes una homogenización de criterios para la interpretación de las parcelas recolectadas, con el objetivo de manejar un solo tipo de información y así reducir al máximo las incertidumbres y sesgo. Este mismo proceso se reforzó al final del muestreo entre los intérpretes que participaron una validación.

Para este control de calidad y validación, se utilizó un 5% de la muestra que representa un total de 568 parcelas. Se realizó una interpretación de las 568 parcelas por 3 consultores que participaron en todo el muestreo, para realizar una comparación y determinar su coincidencia en la interpretación de la parcela en cuanto a los elementos cuantificados (árboles, arbustos, pastos, suelo desnudo, cultivos, agua, palma e infraestructura) y la clasificación que asignan en la categoría de uso de la tierra en sus tres niveles jerárquicos.

Todo este proceso de interpretación visual y colecta de datos se puede encontrar a más detalle en Protocolo para el uso de la plataforma de Collect Earth, aplicado para la actualización de niveles de referencia de emisiones GEI –NREF/NRF- de Guatemala (GIMBUT 2019) y en la sección 5.2 se proporcionan mediante un vínculo, las bases de datos de la malla utilizada para la estimación de los DA del NREF/NRF así como el protocolo referido.

4.1.1.3. Métodos, resultados e incertidumbre asociada del área de deforestación, degradación y aumento de existencias.

Con base a la interpretación visual de las parcelas, se cuantificaron el número de parcelas de la malla de muestreo de todas las conversiones de tierras forestales a nivel de bosque y de plantaciones forestales, que ocurría un proceso de deforestación y también las conversiones en las que ocurría un incremento de bosque por el establecimiento de plantaciones forestales. En las parcelas que se encontraban en las permanencias forestales de bosque y plantaciones forestales, se cuantificaron las que presentaban un proceso de degradación o recuperación de la degradación.

Se analizaron las 11,369 parcelas de muestreo de las 10,888,900.00 ha del país en el periodo del NREF/NRF de 2006 a 2016, con las cuales se construyó una matriz de transición con el tiempo inicial de 2006 y final de 2016 de sus áreas totales y anualizadas a los 10 años que duró el periodo. Las áreas de cambio para para las actividades REDD+ identificadas, se estimaron para cada categoría o actividad REDD+ con la proporción, o el peso de las parcelas en el territorio nacional y su error de muestreo con el procedimiento que determina la siguiente ecuación: $A_i = n_i \times (A_{total}/N)$

Donde,

A_i = Área en hectáreas por Actividad REDD+ i

n_i = Número de parcelas colectadas por la actividad REDD+ i en el periodo de referencia

A_{total} = Área total de Guatemala en ha

N = Número total de parcelas

Como estimador de la dispersión de los datos para la incertidumbre del área se calculó el error estándar (E) en % para cada estrato (i) y sus intervalos de confianza relacionados al área (IC):

$$E_i = \sqrt{\frac{p_i(1 - p_i)}{N - 1}}$$

P_i = Proporción de puntos por estrato

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Se obtuvo intervalo de confianza (IC) de 95%:

$$IC_{95\%,i}(\text{ha}) = 1.96 \times E_i(\%) \times A_{\text{total}}$$

$$IC_{95\%,i}(\%) = CI_{95\%,i}(\text{ha})/A_{\text{total}}$$

Como resultado del análisis de datos de actividad se tiene una cobertura forestal total para 2016 de 3,614,628.25 ha, con una deforestación total en el periodo de 37,831.96 ha, principalmente en las conversiones de tierras forestales a pastizales donde ocurre el 72% con 27,584 ha/año y a tierras de cultivo con 9,003 ha/año con el 21% de la deforestación. La contribución de la deforestación ocurrida hacia otras tierras, asentamientos humanos y humedales y cuerpos de agua, representan una contribución menor con solo el 3% de la deforestación reportada. Como compensación de la deforestación en el periodo de NREF/NRF también existió una ganancia de área en las tierras forestal, producto de la conversión de tierras no forestales hacia tierras forestales con un total de 175,272.12 ha que incrementaron el área de bosque y son el 4.8% del total de bosque. De las áreas total de incremento de masa forestal, el 145,581.21 ha fueron por la regeneración natural y 29,690.91 ha por el establecimiento de plantaciones forestales debido a la actividad REDD+ de incremento de existencias de carbono. Los principales resultados de la deforestación y

los incrementos de área debido a las conversiones de otras tierras no forestales a tierras en sus categorías IPCC se describen en la Tabla 11.

Tabla 11: Principales resultados de su área e incertidumbre asociada de las conversiones por deforestación de las categorías IPCC en el NREF/NRF de Guatemala en el periodo de 2006 a 2016.

Conversiones de categorías IPCC	No. de Parcelas	Área (ha)	ha/año	IC	Error %	P _i	Error Estándar
Tierras forestales a pastizales	288	275,838.09	27,583.81	31,452.96	11	0.0253	16,047.42
Tierras forestales a tierras de cultivo	94	90,030.49	9,003.05	18,125.83	20	0.0083	9,247.87
Tierras forestales a otras tierras	8	7,662.17	766.22	5,307.98	69	0.0007	2,708.15
Tierras forestales a asentamientos	3	2,873.31	287.33	3,251.17	113	0.0003	1,658.76
Tierras forestales a humedales y cuerpos de agua	2	1,915.54	191.55	2,654.69	139	0.0002	1,354.43
Tierras no forestales a tierras forestales (regeneración natural)	152	145,581.21	14,558.12	22,989.84	16	0.0134	11,729.50
Tierras no forestales a tierras forestales (plantaciones forestales)	31	29,690.91	2,969.09	10,438.18	35	0.0027	5,325.60
Total de tierras forestales a otras tierras no forestales (deforestación total)	395	378,319.60	37,831.96	36,657.99	10	0.0347	18,702.55
Total de Tierras no forestales a tierras forestales	183	175,272.12	17,527.21	25,190.61	14	0.0161	12,852.35

Las tierras forestales que permanecieron como tierras forestales, las cuales no se vieron afectadas por procesos de deforestación en todo el periodo de referencia, tuvieron una extensión de 3,439,356.14 ha que comprenden casi toda el área de bosque en un 95.2% a

2016. De estas tierras forestales permanentes el 4.7% se vieron afectadas por procesos de degradación en 169,525.49 ha y el 2.9% tuvieron una recuperación de la degradación en un total de 106,312.60 ha que contabilizan para los incrementos de existencias de carbono por su recuperación del porcentaje de su cobertura forestal. Lo principales resultados obtenidos de DA en los bosques permanentes y sus procesos de degradación y recuperación de la degradación se resumen en la Tabla 12.

Tabla 12: Principales resultados de su área e incertidumbre asociada a los datos de actividad en las permanencias forestales por degradación y recuperación de la degradación (incrementos en existencias de carbono) en el NREF/NRF de Guatemala en el periodo de 2006 a 2016.

Tipo de permanencia en tierras forestales	No. de Parcelas	Área (ha)	ha/año	IC	Error %	P _i	Error Estándar
Tierras forestales que permanecen como tierras forestales sin perder ni ganar cobertura forestal mayor al 30% (estables)	3,303	3,163,518.05	No aplica	90,878.09	3	0.2905	46,366.37
Tierras forestales que se degradan perdiendo cobertura inicial de entre el 30 y 70%	177	169,525.49	16,952.55	24,780.85	15	0.0156	12,643.29
Tierras forestales que se recuperan de la degradación con un incremento de su cobertura inicial de entre el 30 y 70%	111	106,312.60	10,631.26	19,681.94	19	0.0098	10,041.81
Tierras forestales que permanecen como tierras forestales (Totales)	3,591	3,439,356.14	No aplica	93,050.23	3	0.3159	47,474.61

4.1.2. Factores de emisión y absorción

Para la estimación del NREF se utilizan diferentes factores de emisión (deforestación y degradación) y absorción (incrementos de existencias de carbono para la recuperación de la degradación y por establecimiento de plantaciones forestales) dependiendo de la actividad REDD+ que se está considerando. Esto permite diferenciar por separado la estimación de emisiones por cada actividad para tener coherencia con el enfoque de estimación de reportar cada actividad REDD+ de manera independiente.

Los insumos y métodos para obtener los factores de emisión y absorción para las diferentes actividades REDD+ se describen en las siguientes secciones.

4.1.2.1. Factores de emisión para la deforestación y degradación

En el NREF/NRF se obtuvieron los factores de emisión para la deforestación y degradación con base al insumo generado en el país del Mapa de Estratos de Carbono a nivel nacional (Gómez Xutuc 2017). Este mapa integra la información disponible y completa del país sobre el estado de los reservorios del carbono contenido en la biomasa por encima del suelo y por debajo del suelo, en todos los tipos de bosque del país, para cuantificar el contenido de carbono en cuatro estratos que se identifican según la localización geográfica del área de bosque a evaluar. Los estratos de carbono representan el contenido de carbono antes de que ocurra un evento de deforestación y degradación.

Para estimar los factores de emisión por deforestación, el factor de emisión corresponde al contenido de los estratos de carbono de los bosques previo a la deforestación (2006), y la pérdida de carbono con respecto a el contenido de carbono del uso de la tierra posterior a la deforestación (2016) de las áreas a las que son transformados los bosques (si la diferencia es la emisión por deforestación en una parcela). En la degradación se obtiene de forma similar asumiendo la pérdida de carbono del estrato de carbono previo a la degradación, en función de lo que reporta el dato de actividad del porcentaje de pérdida por cobertura del dosel, para así inferir su pérdida de carbono y el factor de emisión por degradación.

4.1.2.1.1 Recopilación e integración de información disponible para la estimación de biomasa y carbono en los bosques de Guatemala para el mapa de estratos de carbono

El mapa de estratos de carbono fue elaborado a partir de la recopilación y análisis de más de 3,000 parcelas de inventarios forestales. Las parcelas recopiladas contienen más de 203,000 registros de árboles con su diámetro a la altura del pecho y sus tamaños de unidades de muestra que van de los 0.02 ha hasta 1 ha. La información fue medida en campo en bosques naturales, distribuidos a nivel nacional de 15 fuentes de datos diferentes, incluyendo el inventario Nacional Forestal en su primer ciclo, parcelas permanentes, inventarios forestales, y datos de concesiones forestales.

Los datos obtenidos, se sometieron a un proceso de depuración dejando solo las parcelas que están dentro del territorio nacional y ubicadas en bosques naturales, resultando de en 2,307 parcelas útiles (Tabla 13).

Tabla 13: Número de parcelas por tamaño de parcela (Fuente: Gómez Xutuc 2017).

Fuente	0.03	0.04	0.05	0.1	0.12	0.13	0.25	1	2	Total
ASINFOR	11	6	258	67	12	3				357
C_UVG_AGROCYT05_06	298									298
C_UVG_CARE 2007	363									363
C_UVG_CNCG_UVG				102		25				127
C_UVG_FODECYT 08-2008				161						161
C_UVG_IFRI	42									42
C_UVG_TNC_2010				30						30
C_UVG_TRIFINIO				33						33
CONAP_SAN_GIL			20							20
Concesiones								587		587
FDN-LACANDON				73						73
IFN_INAB									24	24
INAB_PPM_CONIFERAS				73						73
INAB_PPM_MANGLE	10		14							24
PPM_LATIFOLIADO							95			95
Total	724	6	292	539	12	28	95	587	24	2307

Para cada una de las parcelas se identificaron los individuos mayores a 10 cm de DAP, y se estimó la biomasa por encima del suelo con el uso de ecuaciones alométricas para los bosques del Petén (Región de tierras bajas del norte), bosques de coníferas, bosques latifoliados y tres especies³⁰ para los bosques de manglar (Tabla 14).

Tabla 14. Ecuaciones alométricas utilizadas para la cuantificación de la biomasa por encima del suelo (Fuente: Gómez Xutuc 2017).

Especie/Región	Ecuación	Fuente	r2	N	Dmax
<i>Rhizophora mangle L.</i>	$0.178 * DAP^{2.47}$	Imbert and Rollet (1989)a	0.98	17	Desconocido
<i>Laguncularia racemosa (L.) Gaertn.f.</i>	$0.1023 * DAP^{2.50}$	Fromard et al. (1998)	0.97	70	10
<i>Avicennia germinans (L.)L.</i>	$0.14 * DAP^{2.4}$	Fromard et al. (1998)	0.97	25-45	42.4
<i>Conocarpus erectus L.</i>	$0.1023 * DAP^{2.50}$	Fromard et al. (1998)			
Petén	$10^{(-4.09992 + (2.57782 * L OG10(DAP))) * 1000}$	Arreaga 2002	95	139	130
Latifoliadas	$0.13647 * DAP^{2.38351}$	UVG 2015	0.939	100	79.9
Coníferas	$0.15991 * DAP^{2.32764}$	UVG2015	0.966	80	82

Para estimar la biomasa por debajo del suelo se utilizó una ecuación de proporción de la biomasa aérea para todas las parcelas (Mokany, Raison & Prokushkin 2006), a excepción de las parcelas de Bosque de Manglar, donde se utilizó una ecuación (Komiya et al. 2008) (Tabla 15).

Tabla 15. Ecuaciones utilizadas para la estimación de biomasa por debajo del suelo (Fuente: Gómez Xutuc 2017).

Región	Ecuación	Fuente
Petén, Latifoliadas y Coníferas	$0.489 * (x0.89)$	Mokany, Raison, & Prokushkin, 2006
Bosques de mangle	$0,199 * r^{0.899} * (DAP)^{2.22}$ $r^2 Rhizophora harrisonii = 0.86$ $r^2 Laguncularia racemosa = 0.762$ $r^2 Avicennia germinans = 0.759$	Komiyama et al. (2008) CATIE, 1994

³⁰ Para las especies de *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus L.* que tienen gran similitud fisonómica se utilizó la misma ecuación para el cálculo de biomasa.

Con los datos biomasa para cada individuo, se realizó la conversión de toneladas de biomasa a carbono, multiplicando por la fracción de 0.50 y se extrapola el valor para una hectárea, de acuerdo con el tamaño de cada parcela. Los valores se suman para cada una de las parcelas y resulta en un valor estandarizado de toneladas de carbono por ha en cada una de ellas.

4.1.2.1.2. Mapa de carbono a nivel nacional y sus estratos de carbono en las tierras forestales para el contenido previo a la deforestación y degradación.

Cada parcela con los datos de ubicación geográfica, se estratificaron bioclimáticamente, como medida indirecta de productividad primaria, en función de los índices ombrotérmicos generados para Guatemala, que se construyeron con datos obtenidos de la página digital de World Clim, utilizando las medias mensuales de precipitación y temperatura. Esta clasificación climática ha sido muy utilizada en Guatemala como base para la planeación regional y para la integración de otras variables de interés de los servicios forestales de los bosques o la conservación biológica (CONAP, 2015).

Se ubicaron las parcelas con su contenido de carbono en 6 horizontes ómbricos³¹, y para cada uno de ellos se hicieron pruebas de distribución de los datos, encontrando que ninguno presenta normalidad en las distribuciones de los datos. Por lo tanto, para realizar la estratificación de acuerdo con los horizontes ómbricos, se hizo una prueba de comparación de k muestras (Kruskal-Wallis), donde se detectaron grupos diferenciados estadísticamente como se muestra en la Tabla 16

³¹ En el horizonte ómbrico 5b. Seco superior intersecta únicamente una parcela, por lo que se excluyó de los análisis posteriores, ya que estadísticamente un solo dato no es correcto utilizarlo.

Tabla 16. Grupos formados a partir del análisis de k muestras (Kruskal-Wallis) (Fuente: Gómez Xutuc 2017).

Muestra	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
7a. Húmedo inferior	509	510086.500	1002.135	A
8b. Hiperhúmedo superior	43	47436.500	1103.174	A B
6a. Subhúmedo inferior	628	697785.000	1111.123	A B
6b. Subhúmedo superior	172	193961.000	1127.680	A B
7b. Húmedo superior	570	665047.000	1166.749	B
8a. Hiperhúmedo inferior	384	545655.000	1420.977	C

A partir de la agrupación estadística se determinaron cuatro estratos a nivel nacional de acuerdo con la cantidad de carbono y las zonas de horizontes ómbricos como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Agrupación de las muestras en diferentes estratos (Fuente: Gómez Xutuc 2017).

Muestra	Grupos			Grupo final
6a. Subhúmedo inferior	A	B		I
6b. Subhúmedo superior	A	B		I
7a. Húmedo inferior	A			II
7b. Húmedo superior		B		III
8a. Hiperhúmedo inferior			C	IV
8b. Hiperhúmedo superior	A	B		I

Se realizó una reagrupación, asignando valores a aquellas áreas cuyo horizonte ómbriico no tuvo parcelas suficientes para ser representado (ej. Tipo seco), quedando la estratificación final como se detalla en la Tabla 18, con lo que se logra hacer el cubrimiento nacional.

Tabla 18.. Estratos asignados a los horizontes con valores insuficientes (Fuente: Gómez Xutuc 2017).

Estrato	Tipo ómbrico	Horizonte ómbrico
I	4. Semiárido	4b. Semiárido superior
	5. Seco	5a. Seco inferior
	5. Seco	5b. Seco superior
	6. Subhúmedo	6a. Subhúmedo inferior
	6. Subhúmedo	6b. Subhúmedo superior
II	7. Húmedo	7a. Húmedo inferior
III	7. Húmedo	7b. Húmedo superior
IV	8. Hiperhúmedo	8a. Hiperhúmedo inferior
I	8. Hiperhúmedo	8b. Hiperhúmedo superior
	9. Ultrahiperhúmedo	9. Ultrahiperhúmedo

Con el fin de realizar una estimación más consistente de toneladas de carbono por hectárea por estrato, se hicieron estadísticas descriptivas por cada grupo y se compararon los rangos de contenido de carbono. Debido a la gran variabilidad de los datos de acuerdo con el tamaño de las parcelas y diseños de muestreo, se hicieron cálculos de densidad de carbono con la mediana y también se calculó la media ponderada para los cuatro estratos de acuerdo con la propuesta de Thomas y Rennie, 1987, quienes definen que su varianza, es un buen estimador de la media.

Para la estimación del carbono en el modelo cartográfico (mapa de carbono) se decidió usar el método de Monte Carlo, debido que pondera de manera directa el tamaño de la parcela e identifica la función de sus densidades de probabilidad (FDP) de los datos utilizados con pruebas de bondad de ajuste (Gómez Xutuc, 2017). Ya identificadas las FDP se corrieron 10,000 simulaciones truncando las distribuciones de acuerdo con sus mínimos y máximos de sus datos de contenido de carbono (Ton C/ha) por tamaño de parcela y por estrato respectivamente, obteniendo un mejor estimador de carbono (TonC/ha) y su incertidumbre. De esta manera se determinó el contenido de carbono por estrato utilizando

el estimador por el método de Monte Carlo por ser el mejor ajustado a la variedad de datos utilizados y la distribución espacial de mismos (Figura 16).

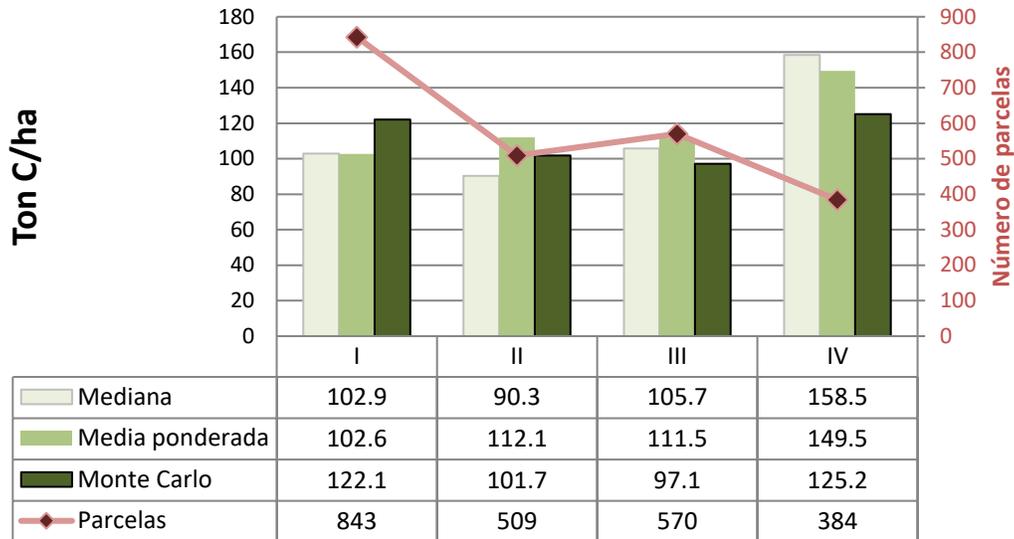


Figura 16. Comparación de cada estrato con respecto a la mediana, media ponderada y la estimación de monte carlo (Ton C/Ha)

Para la incertidumbre final, se realizó un remuestreo de acuerdo con los datos obtenidos de las simulaciones, esto con el objetivo de obtener los intervalos de confianza. Se utilizó el método de bootstrap al 95% de confiabilidad ya que los datos no presentan una distribución gaussiana o normal. Y se obtuvieron la cantidad de carbono por estrato a nivel nacional (Tabla 19).

Nivel de Referencia de Emisiones/Absorciones Forestales de Guatemala

Tabla 19. Valores de carbono obtenido para cada estrato (Fuente: Gómez Xutuc 2017).

Estratos	Mediana	Desviación típica	Incertidumbre (%)
I	122.06	0.187	0.30%
II	101.73	0.553	1.07%
III	97.11	0.459	0.93%
IV	125.19	0.602	0.94%

Estos datos son asignados en el mapa de horizontes ombrotérmicos, de acuerdo con la agrupación señalada anteriormente, con lo que se obtiene el mapa de estratos de carbono a nivel nacional (Figura 17).

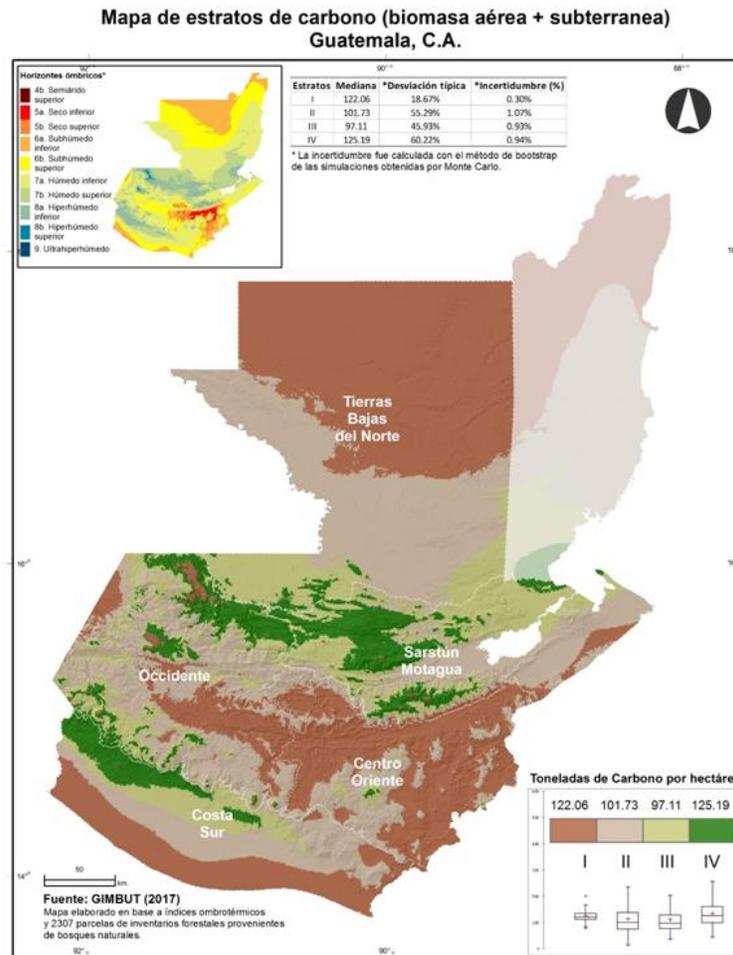


Figura 17.. Mapa de estratos de carbono de Guatemala (GIMBUT 2017).

A partir de este mapa se obtiene el valor de carbono asignándolo espacialmente a cada una de las parcelas de la malla de muestreo, para determinar el contenido de carbono de la tierra forestal previo a la deforestación. El número de parcelas y sus categorías asignadas en las categorías de tierras y de los estratos de carbono se describen en la siguiente la Tabla 20.

Tabla 20. Número de parcelas en de las categorías de las tierras forestales deforestadas con sus clases y subclase del DA, y su estrato de carbono asignado espacialmente para su contenido de carbono previo a la deforestación.

Clase (Nivel 2)	Subclase (Nivel 3)	Estrato de carbono (Ton C/Ha)	No. de parcelas deforestadas
Bosque	Bosque de coníferas	I. 122.06	8
		II. 101.73	12
		III. 97.11	7
		IV. 125.19	2
	Bosque latifoliado	I. 122.06	126
		II. 101.73	126
		III. 97.11	56
		IV. 125.19	24
	Bosque mixto	I. 122.06	9
		II. 101.73	12
		III. 97.11	2
	Bosque manglar	I. 122.06	1
Plantaciones	Coníferas	I. 122.06	1
		II. 101.73	2
		III. 97.11	1
	Latifoliados	I. 122.06	3
		II. 101.73	3
	Total de parcelas deforestadas		

Los tipos de vegetación son generales y se localizan en un gradiente de productividad primaria que se captura en el mapa de estratos de carbono que en función de variables bioclimáticas y los datos de bosques distribuidos en todo el país. Por ello, cada clase y subclase de las tierras forestales pueden contener cualquiera de los estratos de carbono, o bien no puede estar presente alguno o varios como es el caso del manglar que se encuentra en una zona de vida específica. Esta evaluación del mapa de los estratos de carbono es generalizada para tierras forestales y el gradiente de productividad de sus reservorios de carbono por encima y por debajo del suelo. Por esta razón, la estimación de emisiones en sus factores de emisión para deforestación se realiza con base en los contenidos de carbono

en sus estratos por parcela de la malla de muestreo sistemática y no al tipo de bosque específico (subclase).

La descripción de los métodos para construcción del mapa de estratos de carbono se puede consultar a mayor detalle en el “Informe Metodológico para la Elaboración del Mapa de Estratos de carbono” (Gómez Xutuc, 2017) y también sus bases de datos originales, en la sección 5.2. donde se proporciona un vínculo para su consulta

4.1.2.1.3. Densidades de carbono en los usos de suelos posterior a la deforestación

En Guatemala existen pocos estudios realizados sobre el contenido de carbono en los usos de tierra no forestales, para poder caracterizar el proceso de deforestación, que cuantifica su estado en el contenido de carbono después de transformarse hacia las categorías de tierras de cultivo, pastizales, asentamientos, humedales y otras tierras. Sin embargo, es importante conocer el proceso completo y sus efectos en la transformación, ya que muchos cultivos se encuentran para el país en proceso de expansión, con elementos que cuentan con componentes arbóreos como los sistemas agroforestales (ej. Café bajo sombra), las plantaciones palma africana, de hule y el cultivo del café (Alonso-Fradejas et al. 2016).

En el país se han hecho esfuerzos de recopilaciones y estudios donde se ha evaluado la viabilidad del uso de los datos de datos sobre las existencias de estos cultivos, y se ha encontrado una factibilidad de uso de datos para cuantificar las existencias de carbono en sistemas agroforestales de café bajo sombra que se analizaron a nivel nacional con su incertidumbre asociada (Castillo 2016, ANACAFE 1998). Para poder tener una estimación de las emisiones más completa y asignar un valor de existencia de biomasa posterior a la deforestación por el uso de la tierra con mayor especificidad, además del dato obtenido para sistemas agroforestales, se utilizaron los valores generales por defecto, para las tierras convertidas en tierras de cultivo durante el siguiente año de la conversión, de las directrices IPCC 2006 para cultivos anuales y cultivos perennes tropicales muy húmedos (asignado al café, palma de aceite y hule) y su rango de error asociado que se encuentran en cuadro 5.9. Se utilizaron los valores para estas categorías de otros usos no forestales como se describe en la Tabla 21.

Tabla 21. Existencias de carbono en la biomasa posterior a la conversión por deforestación.

Otros usos de la tierra	Ton Carbono/ha	Rango de error y/o incertidumbre	Fuente
Tierras de cultivo anuales (todas las clases no especificadas) y pastizales	5.00	±75%	IPCC 2006
Tierras de cultivo-café (intensivo)	10.00	±75%	IPCC 2006
Tierras de cultivo-Palma Africana	10.00	±75%	IPCC 2006
Tierras de cultivo-Hule	10.00	±75%	IPCC 2006
Sistemas agroforestales (café en sombra)	28.40	1.34%	ANACAFÉ 1998, Castillo 2016.
Asentamientos	0.00	N/A	IPCC 2006
Humedales	0.00	N/A	IPCC 2006
Otras tierras	0.00	N/A	IPCC 2006

Para la asignación de estos valores y realizar el cálculo de factores de emisión con la mayor completitud posible se utilizó el Nivel jerárquico más específico (nivel 2 ó 3) para las tierras de cultivos ya que si se lograba especificar mediante los datos disponibles en los DA. Para todas las clases y subclases de las categorías de tierras de asentamientos, humedales y otras tierras se asumió una remoción total sin mantener biomasa después de la conversión.

4.1.2.1.4. Factores de Emisión por Deforestación.

Como se ha mencionado anteriormente el factor de emisión es la diferencia en las parcelas deforestadas entre el valor inicial del contenido de carbono de la tierra forestal antes de la conversión. Por lo que el factor de emisión está en función de su estrato de carbono inicial para cada parcela deforestada y su valor después de conversión en su valor asignado de su categoría de uso de la tierra. Todos los factores de emisión asignados en carbono y dióxido de carbono (se convierte por la relación 44/22) de las conversiones que ocasionan deforestación se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Tipo de conversión por deforestación y sus factores de emisión

Tipo de conversión en la deforestación	Estrato de carbono en la Tierra forestal (Ton C/Ha)	Uso de la tierra (Ton C/Ha)	Pérdida de Carbono (Ton C/Ha)	Factor de emisión (Ton CO ₂ /Ha)
Tierras forestales convertidas a Tierras agrícolas anuales y pastizales	I. 122.06	5	117.06	429.22
	II. 101.73		96.73	354.68
	III. 97.11		92.11	337.74
	IV. 125.19		120.19	440.70
Tierras Forestales convertidas a tierras agrícolas con sistemas agroforestales	I. 122.06	28.4	93.66	343.42
	II. 101.73		73.33	268.88
	III. 97.11		68.71	251.94
	IV. 125.19		96.79	354.90
Tierras forestales convertidas a Tierras agrícolas con cultivos perennes (palma africana, hule y café)	I. 122.06	10	112.06	410.89
	II. 101.73		91.73	336.34
	III. 97.11		87.11	319.40
	IV. 125.19		115.19	422.36
Tierras forestales convertidas a Asentamientos, Humedales y Cuerpos de Agua y Otras tierras	I. 122.06	0	122.06	447.55
	II. 101.73		101.73	373.01
	III. 97.11		97.11	356.07
	IV. 125.19		125.19	459.03

4.1.2.1.5. Factores de emisión por degradación.

En las guías del IPCC se toma en cuenta la degradación de bosques como factores de perturbación en las tierras forestales permanentes, pero no se especifican métodos para su estimación. Por lo tanto, la combinación de herramientas y métodos con los que cuenta cada país determina la forma en que es posible que mida la degradación. En Guatemala, con los métodos empleados de medición para DA es posible obtener la cobertura relativa a la parcela (cobertura del dosel) de manera inicial en 2006 y final en el año 2016 para cada parcela de muestreo en las tierras forestales permanentes. Y de esta manera la estimación del factor de emisión de degradación también se puede realizar con el mismo enfoque de la estimación del factor de emisión por deforestación teniendo cuantificado un estado previo y uno posterior a la degradación.

Por lo tanto, el cambio de cobertura forestal en las permanencias de bosque de 2006 a 2016 se tomó como una aproximación a la degradación por la pérdida de contenido de carbono. Con el supuesto de que la tierra forestal permanente en el tiempo inicial (2006) para cada parcela, cuenta con la totalidad de carbono asignado espacialmente por el mapa de estratos de carbono, y una disminución de su cobertura del dosel de un 30 al 70%, para cada parcela

y sus áreas, en el periodo final (2016), se le atribuye el cambio posterior a la degradación, con una pérdida del 50% del contenido del carbono inicial por degradación. Esta dinámica de cambio determina la pérdida de carbono en la totalidad del área degradada y sus Factores de Emisión en dióxido de carbono (GCI, 2019). Los factores de emisión en permanencias forestales para cada estrato de carbono previo a la degradación y posterior, con su número de parcelas degradadas a las que se les asignó el factor de emisión se describen en la Tabla 23.

Tabla 23. Factores de emisión para degradación en permanencias forestales por estrato de carbono y su número de parcelas degradadas.

Estrato de carbono en 2006 (Ton C/Ha)	Estrato de carbono degradado en 2016 (Ton C/Ha)	Factor de Emisión (Ton CO₂/Ha)	No. de parcelas degradadas
I. 122.06	61.03	223.78	34
II. 101.73	50.87	186.52	68
III. 97.11	48.56	178.05	52
IV. 125.19	62.60	229.53	23

4.1.2.2. Factores de absorción por recuperación de bosques degradados y establecimiento de plantaciones forestales.

En el caso de los factores de remoción o absorción también se obtuvieron con insumos separados generados a nivel nacional para la dos subactividades REDD+ que incrementan las existencias de carbono por recuperación de la degradación y el establecimiento de plantaciones forestales. En la actividad del incremento de reservas de carbono por la recuperación de la degradación, se utilizó como base también el mapa de estratos de carbono y se asumió una recuperación en las áreas que el dato de actividad detectaba un aumento en cobertura del dosel durante el periodo del nivel de referencia. Para la actividad de incremento de reservas de carbono por el establecimiento de plantaciones forestales, se recopilamos datos de parcelas permanentes en plantaciones para generar modelos de crecimiento y determinar las tasas de absorción de carbono anuales que acumulan el carbono en su biomasa por el establecimiento de plantaciones en el periodo del nivel de referencia (GCI 2019).

4.1.2.2.1 Factores de absorción por recuperación de la degradación

Para el factor de absorción para la recuperación de la degradación se utilizó el procedimiento inverso a la aproximación para estimar los factores de emisión de la degradación. En las tierras forestales permanentes, se realizó el supuesto, de que todas las áreas estimadas que incrementaron su cobertura del dosel al final del periodo de referencia (2016) (entre el 30% y 70%) se encontraban degradadas, debido a que todavía contaba con potencial de desarrollo elementos arbóreos en su área de bosque, y, por lo tanto, tenían un desarrollo parcial de su contenido de carbono total en la tierra forestal, asignado por el Mapa de estratos de carbono en 2006.

De tal manera que, para el factor de absorción, se asume que el bosque, en el tiempo inicial, por encontrarse degradado, solo contiene el 50% del su contenido de carbono, y al recuperarse, desarrolla todo su potencial e incrementan el otro 50% del contenido de carbono, lo que representa la recuperación de la totalidad de sus reservorios del carbono contenido por encima y por debajo del suelo, mejorando el estado del bosque. Los factores de absorción en permanencias forestales, para cada estrato de carbono degradado, que incrementa el contenido de carbono en sus parcelas recuperadas de la degradación se describen en la Tabla 24.

Tabla 24: Los factores de absorción en permanencias forestales, para cada estrato de carbono degradado, que incrementa el contenido de carbono en sus parcelas recuperadas de la degradación

Estrato de carbono degradado en 2006 (Ton C/Ha)	Incremento de carbono por recuperación de la degradación en 2016 (Ton C/Ha)	Factor de absorción (Ton CO₂/Ha)	No. de parcelas recuperadas de la degradación
I. 61.03	61.03	-223.78	38
II. 50.87	50.87	-186.52	30
III. 48.56	48.56	-178.05	30
IV. 62.60	62.60	-229.53	13

4.1.2.2.2 Factores de absorción por plantaciones forestales bajo manejo forestal

Los factores de absorción de plantaciones forestales de coníferas y latifoliadas, se obtuvieron para estimar la actividad REDD+ de incrementos de existencias de carbono, debido a la conversión del área de otras tierras no forestales hacia plantaciones forestales, que capturan CO₂ como resultado el crecimiento de la biomasa de los árboles que aumentan el área de las tierras forestales.

En el proceso de establecer plantaciones, se realiza inicialmente la preparación del terreno eliminando la biomasa del uso anterior y se establecen plantas de pequeña talla (ej. 30 cm de altura) provenientes de vivero, a las cuales se les aplican prácticas silviculturales en el manejo forestal para que logren una buena supervivencia y un crecimiento deseado. Por lo tanto, en la obtención de los factores de emisión, se asume que, en el proceso de conversión, se elimina todo el carbono contenido en la biomasa de su uso anterior, y las especies forestales establecidas, mantienen un crecimiento sostenido y uniforme, que acumula carbono gradualmente en toda el área convertida a plantaciones de coníferas o latifoliadas en el periodo el periodo de 10 años del NREF/NRF.

Para estimar los factores de absorción se usaron los datos de curvas de crecimiento extraídas de 28 especies de árboles en plantaciones forestales de Guatemala (INAB 2014). Estos resultados son provenientes de la evaluación de unidades de muestreo denominadas “Parcelas Permanentes de Medición Forestal –PPMF”, las cuales se encuentran distribuidas en 90 municipios dentro de los 22 Departamentos de Guatemala. La red de PPMF es un ejemplo claro de los esfuerzos que han realizado el país para generar información sobre los recursos forestales a nivel nacional. Fueron establecidas en las plantaciones forestales del programa PINFOR, iniciado entre los años 1997-98. Actualmente se cuenta con alrededor de 900 PPM establecidas en las que se tiene registrado el monitoreo anual de la dinámica de las plantaciones forestales distribuidas en todo el país. (FAO, 2018). La información referente a las parcelas se puede visualizar en la página del INAB en el enlace <http://ppm.inab.gob.gt/>

a) Incremento medio anual (IMA) para plantaciones forestales de coníferas y latifoliadas

Como un primer paso para la estimación de los factores de absorción se organizaron los Incrementos Medios Anuales de Crecimiento (IMAs) haciendo una división de las especies forestales por tipo de bosque (latifoliado y conífera), identificando a qué tipo de bosque pertenece cada especie forestal.

Para generar estimaciones robustas que utilizaran todo el potencial de las bases de datos de las PPMF, se estimaron los IMAs de los bosques de latifoliadas y de coníferas utilizando simulaciones de Monte Carlo, debido a las distribuciones no normales de los datos usados. Se encontró que las distribuciones de sus datos se ajustaban mejor a las funciones de densidad de densidad de probabilidad (FDP) lognormales y gamma para plantaciones de latifoliadas y plantaciones de coníferas respectivamente. Sobre estas FDP para cada tipo de plantación, se realizaron 10,000 simulaciones para estimar las medianas de sus IMAs como resultado de las distribuciones finales de las simulaciones (Tabla 25). Este procedimiento y sus bases de datos originales se ponen para su consulta en un vínculo en la sección 5.

Tabla 25. Incremento Medio anual para las plantaciones forestales del NREF/NRF

Factor de captura	Mediana (m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹)
IMA en plantaciones de latifoliadas	3.43
IMA en plantaciones de coníferas	7.88

b) Factores de absorción para plantaciones forestales de coníferas y latifoliadas

Para genera los factore absorción tomando como base los IMAs que se encuentran expresados en volumen, es necesario convertirlo a una medida de biomasa y para ello, se necesita identificar densidades de la madera que contienen las especies forestales presentes en las plantaciones de Guatemala. Para determinar la densidad de la madera para cada tipo de plantación, se utilizaron los estudios de Reyes et al. 1992, sobre “Densidades de la madera de bosques tropicales” que contiene densidades de los bosques tropicales en América para las latifoliadas, y el estudio de “Coníferas de Guatemala” que contiene bases

de datos de densidades de la madera perteneciente al grupo de bosque de Coníferas (DATAFORG 2000).

A partir de la densidad de la madera disponibles en estos estudios se construyó una base de datos donde se recopilaron las especies principales de bosques de coníferas y latifoliadas que se encuentran presentes en cada tipo de bosque en Guatemala, siguiendo como guía el listado de especies disponible del estudio de FAO (2003) sobre el “Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Guatemala”. Consolidadas las bases de datos de densidades de la madera por especie para coníferas y latifoliadas se obtuvieron sus media aritméticas para ser asignada a los IMAs (Tabla 26).

Para concluir el cálculo del factor de absorción, se agregaron los Factores de Expansión de Biomasa por Incremento (FEB) por defecto del IPCC (2006), se incorporó el crecimiento de las raíces, con la relación entre el crecimiento de biomasa aérea con la biomasa subterránea (R), para los bosques húmedos y secos (IPCC 2006) y se obtuvo el crecimiento o incremento de la biomasa por año (G). El crecimiento de la biomasa por año fue transformado a carbono (0.47) y dióxido de carbono (44/12) con los valores por defecto del IPCC (2006) para obtener finalmente los factores de absorción. Para el cálculo de los factores de absorción se utilizó la siguiente ecuación 2.10 del IPCC (2006) que se adaptó según las variables disponibles para el país.

$$G_{TOTAL} = \sum [I_V \cdot BCEF_I \cdot (1 + R)]$$

Dónde:

G_{TOTAL} = crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea, ton d. m. ha⁻¹ año⁻¹;

I_i = incremento anual neto promedio para un tipo forestal (IMA), m³ ha⁻¹ año⁻¹;

$BCEF_I$ = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión del incremento anual neto en volumen (incluyendo corteza) a crecimiento de biomasa aérea para un tipo forestal, toneladas de crecimiento de corteza aérea (m³ de incremento anual promedio)⁻¹;

$$BCEF_I = BEF_I \bullet D$$

Dónde:

- BEF_I = Factor de expansión de la biomasa de un tipo forestal. Este factor amplía el volumen total de biomasa aérea para compensar por los componentes no comercializables del incremento, sin dimensión;
- D = valor de densidad básica de la madera, ton m^{-3} ;

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo forestal en $\text{ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)}^{-1}$.

Los factores de absorción y todos sus parámetros empleados para su obtención se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26.. Factores de absorción de plantaciones de coníferas y latifoliadas; y sus parámetros empleados para su estimación.

	IMA ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)	Densidad de la madera (g cm^{-3})	BEF (m^3 m^{-3})	R (relación de vástago raíz)	(G) TOTAL ton d. m. $\text{ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$	Factor de absorción ton C ha^{-1} año^{-1}	Factor de absorción ton CO ₂ e $\text{ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$
Plantaciones de latifoliadas	3.43	0.62	1.50	0.2	3.83	1.80	6.60
Plantaciones de coníferas	7.88	0.61	1.20	0.2	6.91	3.25	11.93

Los factores de absorción que aquí se describen se desarrollaron en el “Protocolo Metodológico para Línea Base de Aumentos de Stock de Carbono” (INAB, 2017) que se puede consultar en un vínculo, así como sus bases de datos originales y procedimientos en la sección 5.

4.2. Nivel de referencia de Emisiones Forestales por Deforestación y Degradación 2006-2016 de la Republica de Guatemala

La estimación de emisiones por la diferencia de información e insumos utilizados para cada actividad se realizó por separado, pero bajo el enfoque general de la integración de los datos de actividad mediante la malla de muestro sistemática y los factores de emisión con el enfoque único de cambio de existencias para las actividades de Deforestación y Degradación que se realizaron sobre la misma base de enfoque metodológico.

En ese apartado se resumen los métodos y resultados para el cálculo de las variaciones de carbono de las emisiones históricas del NREF en el cual se usaron las orientaciones del IPCC (2006) para el sector UTCUTS

4.2.1. Enfoque y métodos para la estimación de Emisiones de CO_{2eq} por deforestación y degradación en el periodo 2006-2016

En la estimación de las variaciones de carbono por deforestación y degradación se obtiene del carbono emitido por la conversión de existencias en el área donde ocurre el proceso de deforestación o degradación ($\Delta C_{CONVERSIONi,t-Def}$) que es un elemento del balance total de emisiones y absorciones del enfoque general que se explica en la sección 4.1.1.1. Este enfoque de estimación para la deforestación y degradación, consiste en la diferencia del factor de emisión (existencia de carbono antes de la conversión) y el Factor de emisión de otros usos o en el área degradada (existencias de carbono después de la conversión), que resulta en el carbono emitido (emisión final) y relacionado a su área de conversión, cuantificada por los puntos de la malla del dato de actividad (2006-2016). Estas conversiones se estiman como emisiones, tanto para la deforestación cuando cambia de una tierra forestal a no forestal y en las permanencias de tierras forestales cuando se convierten a una tierra degradada por la pérdida de la cobertura del dosel. El proceso de estimación general se describe con la siguiente ecuación adaptada de la ecuación 2.16 del IPCC (2006).

$$\Delta C_{CONVERSIONt} = \sum_i \{ (Carbono_{antes\ i} - Carbono_{despues\ i}) * \Delta A_{a\ otros\ usos\ i\ t}$$

Donde:

$\Delta C_{CONVERSIONi,t-Def}$ = Cambio de existencias de carbono de biomasa en tierras forestales convertidas a otra categoría diferente a la tierra forestal o a una tierra forestal degradada en las permanencias forestales, en ton C año⁻¹

Carbono_{antes i} = existencia de carbono en estrato de carbono del bosque *i* antes de la conversión por deforestación o degradación, en toneladas de carbono por hectárea (Factor de Emisión de tierras forestales basado en los mapas de los estratos de carbono)

Carbono_{despues i} = existencia de carbono en el tipo de uso de suelo después de la conversión por deforestación (contenido de carbono de Otras Categorías no forestales) o por el contenido de carbono en las tierras forestales degradadas en toneladas de carbono por hectárea.

$\Delta A_{a \text{ otros usos y tierras forestales degradadas}}$ = Área de bosque por tipo de Factor de Emisión para deforestación en las tierras forestales de 2006 convertidas a no bosque en el año 2016, en hectáreas. Y para la degradación es el área de bosque de las permanencias forestales en el año 2006 que se detectaron con una pérdida de cobertura del al año 2016.

En la estimación se asume que permanece en balance (sin pérdidas ni ganancias) el contenido de carbono del uso final para todo el periodo. De la misma manera las tierras forestales que permanecen como tierras forestales y no se degradan, se encuentran en balance y no ganan ni pierden carbono durante el periodo del NREF/NRF. Solamente se contabilizan como incremento la Actividad REDD+ el incremento de existencias de carbono que se describirá en las siguientes secciones. Para el proceso de conversión en la deforestación, se hace el supuesto de que es removida toda la biomasa original para la transformación por deforestación y ocupación por otro uso. Las toneladas de carbono resultantes se anualizan por un período de 10 años y se utiliza el valor por defecto de 44/12 para convertir el carbono a CO₂.

Finalmente, las emisiones para cada conversión se estratifican por cada punto de datos de actividad y su área para poder obtener el NREF nacional. En la estimación de emisiones por

deforestación y degradación se unieron con su referencia geográfica los datos de actividad (malla de parcelas de muestreo) y el mapa de estratos de carbono, con sus variables principales colectadas para caracterizar su cobertura y dinámica, resultado de la interpretación, y los estimadores de densidad de biomasa y su incertidumbre asociada. Con el fin de asignar la densidad de carbono a cada clase de bosque antes de la conversión y el uso después de la conversión por la deforestación o la degradación (Figura 18)

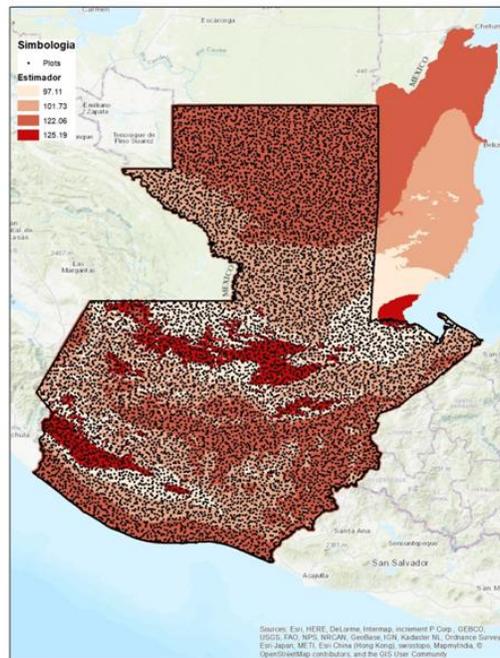


Figura 18. Malla de muestreo de los datos de actividad y su estrato de carbono asignado.

La información integrada que se usó para el proceso de estimación de emisiones de deforestación y degradación se resume la siguiente tabla (Tabla 27)

Nivel de Referencia de Emisiones/Absorciones Forestales de Guatemala

Tabla 27. Estimación de emisiones por tipo de conversión detectada en la deforestación y degradación.

Tipo de deforestación o degradación	No. Parcelas	Ha	Ha/año	Factor de emisión (Ton CO ₂ /Ha)	Emisiones (Ton CO ₂ /año)
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas	11	10,535.48	1,053.55	429.22	452,203.98
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas	22	21,070.96	2,107.10	354.68	747,337.96
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas	11	10,535.48	1,053.55	337.74	355,821.87
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas	7	6,704.40	670.44	440.70	295,460.58
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-café	0	-	-	410.89	-
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-café	3	2,873.31	287.33	336.34	96,641.98
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-café	0	-	-	319.40	-
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-café	1	957.77	95.78	422.36	40,452.74
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-palma africana	2	1,915.54	191.55	410.89	78,707.08
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-palma africana	11	10,535.48	1,053.55	336.34	354,353.93
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-palma africana	2	1,915.54	191.55	319.40	61,183.06
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-palma africana	0	-	-	422.36	-
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-hule	0	-	-	410.89	-
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-hule	1	957.77	95.78	336.34	32,213.99
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-hule	5	4,788.86	478.89	319.40	152,957.65
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-hule	1	957.77	95.78	422.36	40,452.74
Estrato de Carbono I a sistemas agroforestales	2	1,915.54	191.55	343.42	65,783.55
Estrato de Carbono II a sistemas agroforestales	8	7,662.17	766.22	268.88	206,017.85
Estrato de Carbono III a sistemas agroforestales	3	2,873.31	287.33	251.94	72,389.30
Estrato de Carbono IV a sistemas agroforestales	4	3,831.08	383.11	354.90	135,963.91
Estrato de Carbono I a pastizales	130	124,510.25	12,451.02	429.22	5,344,228.83
Estrato de Carbono II a pastizales	104	99,608.20	9,960.82	354.68	3,532,870.35
Estrato de Carbono III a pastizales	44	42,141.93	4,214.19	337.74	1,423,287.49
Estrato de Carbono IV a pastizales	10	9,577.71	957.77	440.70	422,086.55
Estrato de Carbono I a asentamientos	1	957.77	95.78	447.55	42,865.37
Estrato de Carbono II a asentamientos	1	957.77	95.78	373.01	35,725.82
Estrato de Carbono III a asentamientos	0	-	-	356.07	-
Estrato de Carbono IV a asentamientos	1	957.77	95.78	459.03	43,964.57
Estrato de Carbono I a otras tierras	1	957.77	95.78	447.55	42,865.37
Estrato de Carbono II a otras tierras	4	3,831.08	383.11	373.01	142,903.28
Estrato de Carbono III a otras tierras	1	957.77	95.78	356.07	34,103.36
Estrato de Carbono IV a otras tierras	2	1,915.54	191.55	459.03	87,929.14
Estrato de Carbono I a humedales y cuerpos de agua	1	957.77	95.78	447.55	42,865.37
Estrato de Carbono II a humedales y cuerpos de agua	1	957.77	95.78	373.01	35,725.82
Estrato de Carbono III a humedales y cuerpos de agua	0	-	-	356.07	-
Estrato de Carbono IV a humedales y cuerpos de agua	0	-	-	459.03	-
Estrato de Carbono I con degradación	34	32,564.22	3,256.42	223.78	728,711.23
Estrato de Carbono II con degradación	68	65,128.44	6,512.84	186.51	1,214,677.91
Estrato de Carbono III con degradación	52	49,804.10	4,980.41	178.04	886,687.27
Estrato de Carbono IV con degradación	23	22,028.74	2,202.87	229.52	505,592.54

4.2.2. Emisiones históricas de CO_{2eq} para deforestación y degradación en periodo 2006-2016

El nivel de referencia de emisiones para la República de Guatemala estimado para deforestación tiene un promedio histórico de emisiones de 2006 a 2016 de 14,419,363.48 TonCO_{2e}/año que provienen principalmente de la conversión de las tierras forestales hacia los usos agropecuarios. Y sus emisiones de procesos de degradación debido al manejo no sostenible de los bosques, la tala ilegal y los incendios forestales son de 3,335,668.95 TonCO_{2e}/año.

Las dos actividades REDD+ en su conjunto contribuyen a 17,755,032.43 TonCO_{2e}/año las cuales representan la totalidad de emisiones que debe de mitigar el sector UTCUTS y mediante las cuales se medirá su desempeño en el cumplimiento de marco de la ENREDD+ y las NDC del País para estas actividades REDD+ de manera separada.

Tabla 28. Nivel de referencia de deforestación y degradación en el periodo 2006-2016 para la República de Guatemala.

Actividad	Área (ha)	ha/año	Ton CO_{2e}	TonCO_{2e}/año
Deforestación	378,319.60	37,831.96	144,193,634.76	14,419,363.48
Degradación	169,525.49	16,952.55	33,356,689.50	3,335,668.95

4.3. Nivel de Referencia Forestal por el aumento de existencias de Carbono de 2006-2016 de la República de Guatemala

El aumento de existencia de carbono es una actividad REDD+ de nivel de referencia forestal que se reporta por separado por tener una contribución diferente en los procesos de mejorar el carbono forestal que contribuye a la mitigación de cambio climático. Se reporta primero el NRF de las remociones de carbono por una recuperación de la degradación en las tierras permanentes, que ocurre de manera extensiva en el país y en segundo lugar los incrementos de existencias forestales por plantaciones forestales que es una actividad REDD+ de gran importancia por implementarse de manera extensiva los programas de incentivos forestales en el país. Ambas son complementarias para la mitigación y contrarrestan la deforestación y la degradación.

4.3.1. Enfoque y métodos para la estimación de las absorciones de CO_{2eq} zonas degradadas que se recuperaron de 2006-2016

Para las absorciones por la recuperación de la degradación en la permanencia de bosques en periodo del NREF/NRF, el enfoque y método de estimación es el mismo que se usa para la degradación. Se utiliza un estado del bosque inicial y final y se localiza el área donde ocurre el aumento de cobertura en los datos de actividad. Se realiza también la asignación del factor de absorción en función del estrato de carbono al que corresponde lo que determina el estado inicial degradado y su aumento detectado en el carbono forestal al final del periodo que determina sus absorciones de CO₂. El proceso de estimación con su asignación de estratos de carbono a las parcelas identificados que recuperan una cobertura de entre el 30 y 70%, sus factores de absorción y sus absorciones por año se describen en la Tabla 29.

Tabla 29. Estimación de absorciones anuales por conversión de estrato de carbono recuperado de la degradación en el periodo del NRF.

Conversión por recuperación de la Degradación	No. Parcelas	Ha	Ha/año	Factor de absorción (Ton CO₂/Ha)	Absorciones (Ton CO₂/año)
Estrato de carbono I recuperado de la degradación	38	36,395.30	3,639.53	-223.78	-814,442
Estrato de carbono II recuperado de la degradación	30	28,733.13	2,873.31	-186.52	-535,887
Estrato de carbono III recuperado de la degradación	30	28,733.13	2,873.31	-178.05	-511,550
Estrato de carbono IV recuperado de la degradación	13	12,451.02	1,245.10	-229.53	-285,770

4.3.2. Enfoque y métodos para la estimación de las absorciones de CO_{2eq} por plantaciones forestales de 2006-2016

Las absorciones históricas en el periodo de referencia que se contabilizaron para las plantaciones forestales de coníferas y latifoliadas se asume que han sido establecidas por los programas de incentivos forestales para el país. Para ello se identificaron en el muestreo de parcelas, los datos de actividad que se transformaban de otros usos a tierras forestales para las subclases de plantaciones de coníferas y plantaciones de latifoliadas. A estas áreas

se les asignaron sus factores de absorciones de plantaciones de coníferas y latifoliadas, para calcular el incremento anual de existencias de carbono, debido al crecimiento en las tierras convertidas a plantaciones forestales ($\Delta C_{G_{i,t-incr}}$) que se incluye enfoque general de cálculo de las actividades del nivel de referencia que se describe en la sección 4.1.1 . Para las plantaciones se cuantifican sus absorciones de carbono anuales y el crecimiento acumulativo total con Ecuación 2.9 del IPCC, 2006 adaptada al presente cálculo como se describe en la ecuación siguiente.

$$\Delta C_{G_{incr}} = \sum_i \sum_x (A_{i,x} * G_{TOTAL i})$$

$\Delta C_{G_{incr}}$ = Aumento de las existencias de carbono en el año t, debido al crecimiento en tierras de otros usos convertidas a plantaciones de coníferas o latifoliadas.

$A_{i,x}$ = Área Convertida a plantaciones *i* en el año *x* del periodo de referencia

G_{TOTAL} = Factores de remoción de plantaciones de coníferas y latifoliadas o promedio anual de crecimiento o incremento de carbono en otros usos convertidas a plantaciones.

El proceso que realizó para determinar las absorciones por incremento de carbono con los DA donde se detectó una conversión de otras tierras no forestales a plantaciones, su asignación del factor de absorción y las absorciones de tuvieron en el periodo de referencia se resumen en la tabla 30.

Tabla 30: Absorciones de otras tierras forestales a plantaciones en el periodo de referencia

Tipo Conversión de otras tierras forestales a plantaciones	No. Parcelas	Ha	Ha/año	Factor de absorción (Ton CO ₂ /Ha/año)	Absorciones (Ton CO ₂ /año)
Tierras no forestales a Plantaciones de Coníferas	16	15,324.34	1,532.43	3.25	-182,615.03
Tierras no forestales a Plantaciones de Latifoliados	15	14,366.57	1,436.66	1.80	-94,819.34

En los lugares establecidos por plantaciones forestales, se asume que el crecimiento de la masa comienza desde el primer año del periodo de referencia, y se hacen acumulativas las capturas o absorciones de CO₂ por quedarse fijado en el carbono de la biomasa de los árboles, que establecen en las nuevas áreas de tierras forestales en el periodo de 10 años del NREF/NRF, como se ejemplifica en la Tabla 31. En el año final de 2016 se puede contabilizar el área y el CO₂ el total que incrementaron en todo el periodo del NREF/NRF las plantaciones forestales establecidas por los programas de incentivos forestales.

Tabla 31. Aumento de existencias en superficie y absorciones de CO₂ por año, en periodo del NREF/NRF por plantaciones forestales.

Año	Ha	TonCO₂
2007	2,969.09	-277,434.37
2008	5,938.18	-554,868.74
2009	8,907.27	-832,303.11
2010	11,876.36	-1,109,737.48
2011	14,845.45	-1,387,171.86
2012	17,814.54	-1,664,606.23
2013	20,783.63	-1,942,040.60
2014	23,752.72	-2,219,474.97
2015	26,721.81	-2,496,909.34
2016	29,690.91	-2,774,343.71

4.3.3. Absorciones históricas de CO_{2eq} por el aumento de existencias de carbono en el periodo 2006-2016

Para la actividad REDD+ de aumento de existencias de carbono a nivel nacional en el periodo de 2006 a 2016, en la recuperación de áreas degradadas se removieron o absorbieron por la recuperación de la degradación en las permanencias forestales se tuvieron promedios históricos de absorciones de -2,147,649.32 TonCO_{2e}/año. Y en el establecimiento de área de tierra forestales por plantaciones existieron absorciones de -277,434.37 TonCO_{2e}/año (Tabla 32). Es importante señalar que en los programas de incentivos forestales también se ha actuado principalmente sobre las áreas de permanencias de bosques, por lo que puede

verse también reflejado como efecto de la recuperación de la degradación. Estas absorciones en su conjunto que contabilizan -2,425,083.69 TonCO₂e/año de que en el balance de carbono llegan a mitigar el 73% de las emisiones anuales por degradación y el 17% de emisiones anuales por deforestación en el mismo periodo de referencia.

Tomando en cuenta que se asume que el programa de incentivos forestales de Guatemala actúa directamente sobre esta actividad REDD+ se registra que en el periodo de 1998 a 2016 reportaban un establecimiento de 153, 303 ha de plantaciones y sistemas agroforestales (INAB 2020), cantidad similar al área recuperada por degradación y de plantaciones en su conjunto. De aquí que establecer metas de absorciones históricas anuales que sean mayores a las reportadas en este Nivel de Referencia Forestal tendrá un impacto significativo en la mitigación a través de esta actividad REDD+.

Tabla 32. Nivel de Referencia Forestal de aumento de existencias de carbono por las Absorciones de CO₂e anuales promedio de la República de Guatemala.

Actividad REDD+	Área (ha)	ha/año	Ton CO₂e	TonCO₂e/año
Recuperación de la degradación	106,312.60	10,631.26	-21,476,493.18	-2,147,649.32
Establecimiento de plantaciones forestales	29,690.91	2,969.09	-2,774,343.71	-277,434.37

4.4. Propagación del Error e Incertidumbre del Nivel de Referencia Forestales/Nivel de Referencia Forestal de la Republica de Guatemala

La cuantificación de la incertidumbre total del NREF/NRF se realizó por separado para cada actividad REDD+ por los diferentes insumos y supuestos que se realizaron para el cálculo de las emisiones por deforestación y degradación. Al igual que para la actividad de incrementos de existencias de carbono, en sus absorciones de carbono por recuperación de la degradación y por el establecimiento de plantaciones forestales.

Los insumos y datos originales utilizados para realizar las estimaciones del NREF/NRF presentan datos no normales de múltiples fuentes de información (ej. Inventarios forestales con diferentes propósitos y modelos de crecimiento de especies), los insumos están contruidos sobre modelos con funciones complejas (ej. Mapa de estratos de carbono) y existen correlaciones entre algunos de sus conjuntos de los datos (ej. factores de emisión por deforestación y degradación). Por lo tanto, para realizar el cálculo de la incertidumbre de sus factores de emisión, factores de absorción, datos de actividad y sus emisiones/absorciones, se seleccionó el método 2 de las orientaciones del IPCC de determinación de incertidumbre por simulación de Monte Carlo.

Este método tiene la ventaja de poder realizar su análisis ajustándose a las diversas distribuciones datos originales, identificando sus funciones de densidad de probabilidad (FDP), manejar sus diferentes grados de correlación y abordar desde modelos simples a modelos complejos como lo requieren las estimaciones de incertidumbre del presente NREF/NRF (IPCC 2006).

En la estimación de incertidumbre por el método Monte Carlo se siguieron los 4 pasos descritos por el IPCC (2006) que consisten en: especificar las FDP de los datos originales con los que se construyeron los datos de actividad (DA), factores de emisión y absorción (FE/FA), seleccionar sus valores resultantes de cada insumo para la estimación de la incertidumbre de las fuentes de error en DA y (FE/FA) y con sus valores hacer el cálculo o su combinación (multiplicación) para obtener el total de las emisiones y absorciones para para cada actividad REDD+, y así finalmente calcular la incertidumbre de sus emisiones para cada actividad. En todo el proceso para los datos de actividad, factores de emisión/absorción y sus emisiones/absorciones, solo se cuantifica y se propaga el error de muestreo proveniente de la malla sistemática no alineada de muestreo de los DA y los errores de muestreo de los sitios de inventarios forestales del mapa de estratos de carbono, y de la red de PPMF para los IMAs medidos en los FA/FE.

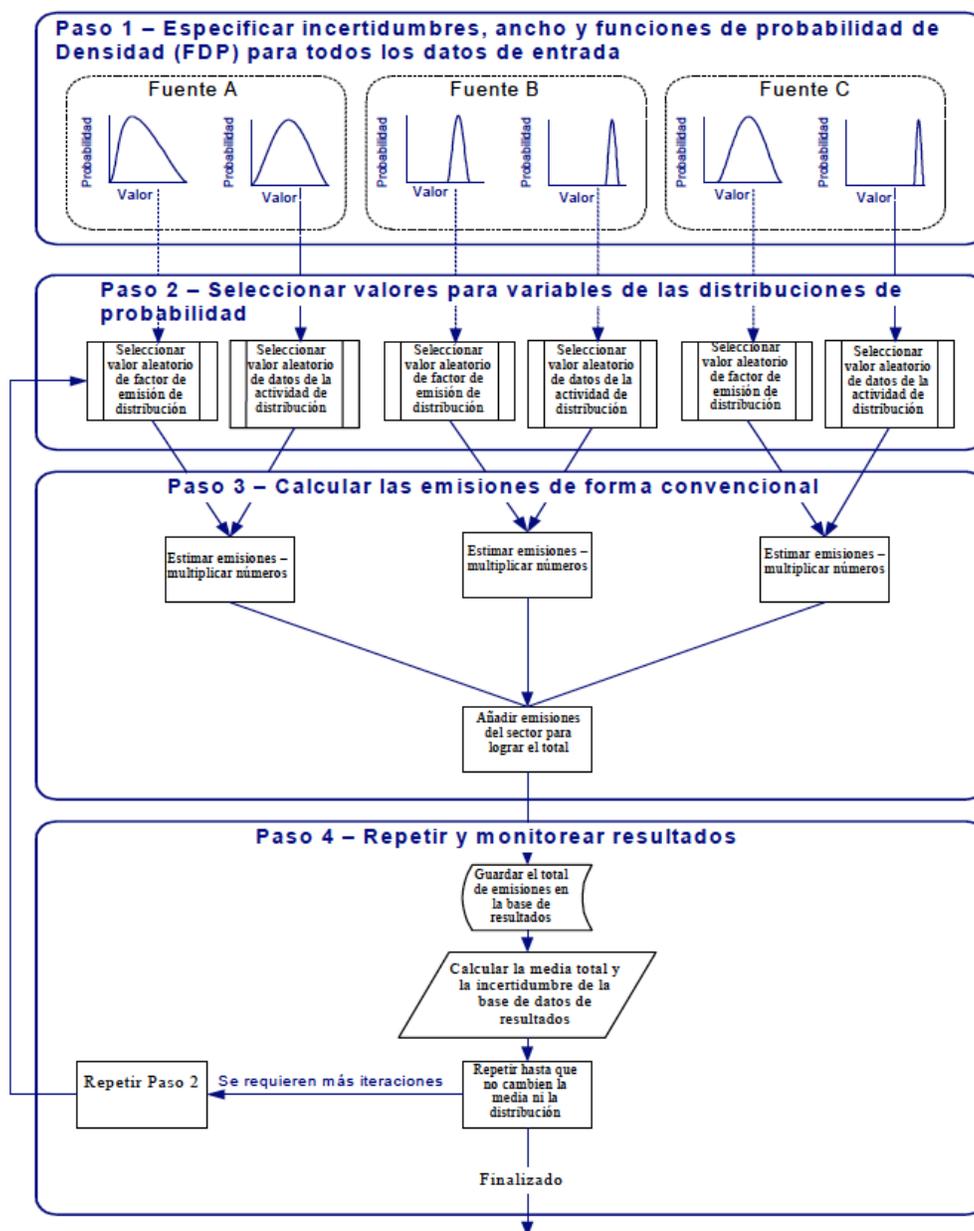


Figura 19. Pasos del Método de Montecarlo (Fuente: IPCC 2006)

Para aplicar el método Montecarlo se realizaron 1,000 simulaciones en todos los procesos para obtener los valores de las fuentes de datos y las estimaciones de emisiones y absorciones por actividad REDD+. De las simulaciones de Monte Carlo para los datos de actividad, factores de emisión, factores de absorción y las emisiones y absorciones totales, se obtuvieron los estimadores de sus medianas, su varianza, intervalos de confianza (IC) al

90% y su porcentaje de error o incertidumbre (U%) que representa la incertidumbre calculada con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de incertidumbre} = \frac{\frac{1}{2} * (\text{amplitud del intervalo de confianza})}{\text{Mediana (Carbono, o ha)}} * 100$$

Es importante señalar que este cálculo de incertidumbre se realiza de manera independiente a la estimación del NREF/NRF anteriormente descrita. En la estimación de incertidumbre se usan los mismos conjuntos de datos originales de la estimación del NREF/NRF, y difiere ligeramente los resultados de área en el dato de actividad y de carbono en el factor de emisión, así como las estimaciones finales, por ser generados sus estimadores de tendencia central (mediana) de las 1,000 simulaciones de Monte Carlo, realizadas específicamente para medir todas las fuentes de error y la incertidumbre del NREF/NRF (GCI, 2019).

Como un primer paso para la estimación de la incertidumbre se identificaron las distribuciones de los datos para los factores de emisión absorción y para los datos de actividad de sus datos originales.

El insumo base para su obtención los FE/FA para la deforestación, degradación y los incrementos de carbono por recuperación de la degradación; son los estratos de carbono obtenidos en mapa de carbono, los cuales se asignaron para cuantificar el contenido de carbono previo o la condición inicial de la tierra forestal en 2006. En esta fuente se identificaron mediante un análisis de bondad de ajuste, las funciones de densidad de probabilidad (FDP) de los datos para cada parcela por estrato, donde se identificaron los parámetros que se describen en la Tabla 33 (Gómez Xutuc, 2017).

Tabla 33. Parámetros usados para la simulación de monte carlo de los contenidos de carbono en los bosques por estrato y por tamaño de parcela (Fuente: Gómez Xutuc, 2017)

Estrato	Tamaño de la parcela (ha)	Tipo de datos	FDP	Parámetros
I	0.03	Continuos	Gamma (2)	$k = 1.553$; $\beta = 106.475$
	0.04	Continuos	Normal	$\mu = 220.867$; $\sigma = 30.44$
	0.05	Continuos	Weibull (3)	$\gamma = 82.476$; $\beta = 1.647$; $\mu = 12.195$
	0.1	Continuos	Weibull (2)	$\gamma = 124.079$; $\beta = 2.329$
	0.13	Continuos	Normal	$\mu = 346.731$; $\sigma = 30.352$
	0.25	Continuos	Logística	$\mu = 116.878$; $s = 16.518$
	1	Continuos	Logística	$\mu = 101.778$; $s = 12.542$
II	0.03	Continuos	Log-normal	$\mu = 4.329$; $\sigma = 1.065$
	0.05	Continuos	Log-normal	$\mu = 4.656$; $\sigma = 1.04$
	0.1	Continuos	GEV	$\gamma = -0.071$; $\beta = 53.543$; $\mu = 73.854$
	0.25	Continuos	Log-normal	$\mu = 4.566$; $\sigma = 0.843$
	2	Continuos	Gamma (2)	$k = 0.42$; $\beta = 86.609$
III	0.03	Continuos	Log-normal	$\mu = 4.787$; $\sigma = 1.143$
	0.05	Continuos	Weibull (3)	$\gamma = 85.775$; $\beta = 1.08$; $\mu = 17.098$
	0.1	Continuos	Log-normal	$\mu = 4.735$; $\sigma = 0.846$
	0.13	Continuos	GEV	$\gamma = -0.05$; $\beta = 28.323$; $\mu = 75.046$
	0.25	Continuos	GEV	$\gamma = -0.164$; $\beta = 29.65$; $\mu = 108.335$
	2	Continuos	Normal	$\mu = 53.841$; $\sigma = 36.152$
IV	0.03	Continuos	Gamma (2)	$k = 1.368$; $\beta = 215.458$
	0.04	Continuos	Weibull (2)	$\gamma = 204.913$; $\beta = 20.465$
	0.05	Continuos	Log-normal	$\mu = 4.169$; $\sigma = 0.703$
	0.1	Continuos	Log-normal	$\mu = 5.154$; $\sigma = 1.051$
	0.12	Continuos	Beta4	$\alpha = 0.515$; $\beta = 0.722$; $c = 109.721$; $d = 183.871$
	0.13	Continuos	Beta4	$\alpha = 0.327$; $\beta = 0.246$; $c = 69.965$; $d = 160.387$
	2	Continuos	Gamma (2)	$k = 1.518$; $\beta = 33.312$

En el caso de la deforestación se tuvieron contenidos de carbono posteriores a la deforestación de las tierras agrícolas anuales y pastizales, sistemas agroforestales y tierras de cultivo perennes (café, palma africana y hule), que se presentaron en la Tabla 21 de la sección 4.1.2.1.3 para obtener los factores de emisión, mediante su diferencia en el contenido de carbono. Para estos contenidos de carbono se asumieron distribuciones normales por ser la mayoría datos por defecto del IPCC, y en el caso de la deforestación hacia los asentamientos, otras tierras y humedales y cuerpos de agua, se consideró que se

perdía todo el carbono por lo cual sus FDP también corresponden a los estratos de carbono. De la misma, manera en la degradación y recuperación de la degradación los contenidos de carbono posteriores al cambio, también se derivan de los estratos de carbono, por lo que se asume que cuentan con los mismos parámetros de distribución.

Para los IMAs (m³ha-1año-1) que fueron los valores de los cuales se obtuvieron los factores de absorción, como parte de la actividad de Incrementos de existencias de carbono, se obtuvieron sus FDP a partir de datos de las PPMF, para plantaciones de latifoliadas y coníferas, ajustándose a las distribuciones Lognormal y Gamma, respectivamente, de donde se obtuvieron sus parámetros para realizar las simulaciones (Tabla 34.)

Tabla 34. Parámetros usados para la simulación de los incrementos de contenido de carbono en las plantaciones forestales.

Tipo de plantación	Tipo de datos	Distribución	Parámetros
Plantación de conífera	Continuos	Gamma (2)	k = 2.597; beta = 3.468
Plantación de Latifoliado	Continuos	Log-normal	$\mu = 1.247$; $\sigma = 1.198$

La otra fuente importante de valores para la estimación de emisiones, son los datos de actividad derivados de la malla sistemática donde se evalúa toda el área total de cambio para todas las Actividades REDD+ de 2006 a 2016 que se anualiza para los 10 años que comprende el periodo.

Este muestreo y análisis se realizó con estadísticas paramétricas, asumiendo una distribución normal en la obtención de áreas que se obtienen a partir de las proporciones de sus parcelas en todas las conversiones de categorías de tierras. Los parámetros usados para las simulaciones fue el área (media de las proporciones o pesos de cada conversión) y su desviación estándar obtenida por la proporción de parcelas en la malla de muestreo. Estos parámetros se obtuvieron de las áreas totales de cambio donde ocurrían todas las actividades REDD+ en todo el periodo (10 años), identificando los estratos de carbono como

el uso previo a la conversión y los usos de la tierra posteriores al cambio, como se muestra en la Tabla 35 y 36.

Tabla 35. *Parámetros usados de la distribución normal de los DA para el área (Ha) de las actividades REDD+ de deforestación y degradación de la malla sistemáticas de muestreo.*

Deforestación y Degradación	Área (Ha)	Desv. Estándar (Ha)
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas anuales	10,535.48	3,175.17
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas anuales	21,070.96	4,488.19
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas anuales	10,535.48	3,175.17
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas anuales	6,704.40	2,533.36
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-café	-	-
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-café	2,873.31	1,658.76
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-café	-	-
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-café	957.77	957.77
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-palma africana	1,915.54	1,354.43
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-palma africana	10,535.48	3,175.17
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-palma africana	1,915.54	1,354.43
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-palma africana	-	-
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-hule	-	-
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-hule	957.77	957.77
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-hule	4,788.86	2,141.26
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-hule	957.77	957.77
Estrato de Carbono I a sistemas agroforestales	1,915.54	1,354.43
Estrato de Carbono II a sistemas agroforestales	7,662.17	2,708.15
Estrato de Carbono III a sistemas agroforestales	2,873.31	1,658.76
Estrato de Carbono IV a sistemas agroforestales	3,831.08	1,915.29
Estrato de Carbono I a pastizales	124,510.25	10,858.13
Estrato de Carbono II a pastizales	99,608.20	9,723.04
Estrato de Carbono III a pastizales	42,141.93	6,341.11
Estrato de Carbono IV a pastizales	9,577.71	3,027.54
Estrato de Carbono I a asentamientos	957.77	957.77
Estrato de Carbono II a asentamientos	957.77	957.77
Estrato de Carbono III a asentamientos	-	-
Estrato de Carbono IV a asentamientos	957.77	957.77
Estrato de Carbono I a otras tierras	957.77	957.77
Estrato de Carbono II a otras tierras	3,831.08	1,915.29
Estrato de Carbono III a otras tierras	957.77	957.77
Estrato de Carbono IV a otras tierras	1,915.54	1,354.43
Estrato de Carbono I a humedales y cuerpos de agua	957.77	957.77
Estrato de Carbono II a humedales y cuerpos de agua	957.77	957.77
Estrato de Carbono III a humedales y cuerpos de agua	-	-
Estrato de Carbono IV a humedales y cuerpos de agua	-	-
Estrato de Carbono I degradado (>30% y <70%)	32,564.22	5,576.61
Estrato de Carbono II degradado (>30% y <70%)	65,128.44	7,874.67
Estrato de Carbono III degradado (>30% y <70%)	49,804.10	6,891.08
Estrato de Carbono IV degradado (>30% y <70%)	22,028.74	4,588.86

Tabla 36. *Parámetros usados de la distribución normal de los DA para el área (Ha) de las actividades REDD+ de incrementos de existencias de carbono por recuperación de la degradación y el cambio de otras tierras a plantaciones forestales de la malla sistemática de muestreo.*

Incrementos de existencias de carbono	Área (Ha)	Desv. Estándar (Ha)
Estrato de Carbono I recuperado de la degradación (>30% y <70%)	36,395.30	5,894.48
Estrato de Carbono II recuperado de la degradación (>30% y <70%)	28,733.13	5,239.23
Estrato de Carbono III recuperado de la degradación (>30% y <70%)	28,733.13	5,239.23
Estrato de Carbono IV recuperado de la degradación (>30% y <70%)	12,451.02	3,451.47
Tierras no forestales a plantaciones de coníferas	15,324.34	3,828.56
Tierras no forestales a plantaciones de latifoliadas	14,366.57	3,707.15

Como segundo paso para realizar el cálculo de incertidumbre, ya identificadas las distribuciones de los datos para los factores de emisión, absorción y datos de actividad se obtuvieron los valores de su incertidumbre mediante las 1,000 simulaciones. Este procedimiento se realizó para cada componente de los factores de emisión/absorción y datos de actividad.

El primer proceso de simulación se realizó para los contenidos de carbono previos a la deforestación, degradación y recuperación de la degradación (Estratos de Carbono), y los posteriores a la deforestación (contenidos de en usos de da la tierra), resultando en los siguientes contenidos de carbono con su estimador de mediana de Monte Carlo y su incertidumbre asociada (Tabla 37 y 38).

Tabla 37. *incertidumbre de los estratos de carbono Contenidos de carbono (Ton C/Ha) e*

Estrato de carbono	Mediana (Ton C/Ha)	Varianza	IC Inferior (5%) (Ton C/Ha)	IC Superior (95%) (Ton C/Ha)	U%
I	144.00	390.66	120.34	184.55	22.29
II	96.90	4,114.93	44.28	235.45	98.64
III	108.66	5,049.71	65.55	234.22	77.61
IV	154.86	5,123.45	98.51	290.51	61.99

Tabla 38. Incertidumbre del uso de tierra no forestal posteriores a la deforestación.

Categoría de Uso de la tierra	Mediana (Ton C/Ha)	Varianza	IC Inferior (5%)	IC Superior (95%)	U%
Tierras de cultivo anuales y pastizales	4.89	3.58	2.10	8.21	62.50
Tierras de cultivo perennes (café, palma africana y hule)	9.83	15.41	3.52	16.25	64.80
Sistemas agroforestales (café en sombra)	28.69	124.42	10.38	46.55	63.03

Ya obtenidas las simulaciones con los contenidos previos (estratos de carbono) y posteriores (uso de la tierra o contenido de carbono degradado o recuperado). Se realizaron otras 1,000 simulaciones de sus diferencias de carbono para cada tipo de cambio o conversión que generaba un FE/FA para la deforestación, degradación, o recuperación de la degradación. De ello se obtuvieron 36 factores de emisión para la deforestación, 4 para degradación y 4 para absorciones de los que se obtuvo de las simulaciones de Monte Carlo su mediana y estadísticos de incertidumbre como se describe en la Tabla 39. Para los factores de emisión la incertidumbre menor que se reportan en todas las conversiones de las tierras forestales del estrato I, donde todos sus factores de emisión se encuentran por debajo del 100% en su incertidumbre. Todas las demás conversiones tienen valores de incertidumbre mayor al 100%.

Tabla 39. Incertidumbre de los factores de emisión/absorción (Ton C/Ha) de la deforestación, degradación y recuperación de la degradación.

Tipo de conversión (Deforestación, Degradación y Recuperación)	Mediana (TonC/ha)	Varianza	IC Inferior (5%) (TonC/ha)	IC Superior (95%) (TonC/ha)	U%
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas anuales	96.11	2030.05	45.11	162.45	61.04
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas anuales	75.67	19775.22	6.40	308.41	199.56
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas anuales	94.26	52599.71	17.34	488.86	250.11
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas anuales	151.89	61474.72	19.16	679.37	217.34
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-café	90.75	2493.68	29.66	158.70	71.09
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-café	74.46	22062.28	0.58	334.81	224.44
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-café	88.46	89244.37	11.89	437.45	240.53
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-café	150.97	70245.18	16.27	724.64	234.61
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-palma africana	92.31	2225.90	38.13	161.60	66.88
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-palma africana	73.78	27058.63	0.59	334.11	226.04
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-palma africana	88.31	45291.20	12.83	515.60	284.67
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-palma africana	143.52	55515.24	17.16	681.06	231.29
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-hule	92.54	2498.61	38.52	162.43	66.95
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-hule	79.04	21272.73	3.98	333.38	208.38
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-hule	85.32	96941.26	12.03	487.30	278.52
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-hule	150.77	75940.43	13.66	720.64	234.45
Estrato de Carbono I a sistemas agroforestales	73.20	2121.13	17.21	135.98	81.13
Estrato de Carbono II a sistemas agroforestales	72.26	21335.92	1.25	333.25	229.71
Estrato de Carbono III a sistemas agroforestales	64.88	43599.88	-6.80	407.96	319.62
Estrato de Carbono IV a sistemas agroforestales	134.14	94264.04	-3.33	744.76	278.85
Estrato de Carbono I a pastizales	97.20	2299.20	45.42	162.39	60.17
Estrato de Carbono II a pastizales	78.29	18518.47	7.70	340.96	212.84
Estrato de Carbono III a pastizales	89.59	80486.23	17.20	471.67	253.64
Estrato de Carbono IV a pastizales	154.21	78168.38	22.85	751.95	236.40
Estrato de Carbono I a asentamientos	100.59	2695.99	45.96	173.47	63.38
Estrato de Carbono II a asentamientos	82.82	27351.14	12.00	335.29	195.18
Estrato de Carbono III a asentamientos	99.54	81977.82	21.33	425.81	203.17
Estrato de Carbono IV a asentamientos	156.72	62674.82	23.59	714.56	220.45
Estrato de Carbono I a otras tierras	101.92	1988.42	48.85	163.00	56.00
Estrato de Carbono II a otras tierras	83.38	20833.25	9.44	342.13	199.49
Estrato de Carbono III a otras tierras	96.66	83550.86	21.98	506.89	250.83
Estrato de Carbono IV a otras tierras	158.12	79107.22	24.78	775.06	237.25
Estrato de Carbono I a humedales y cuerpos de agua	101.03	1888.56	45.58	159.97	56.61
Estrato de Carbono II a humedales y cuerpos de agua	81.54	25118.72	10.31	343.81	204.51
Estrato de Carbono III a humedales y cuerpos de agua	99.45	101681.20	21.44	494.00	237.60
Estrato de Carbono IV a humedales y cuerpos de agua	167.27	68858.31	26.69	790.38	228.28
Estrato de Carbono I degradado y recuperado	50.18	410.07	23.66	79.40	55.54
Estrato de Carbono II degradado y recuperado	43.30	4516.50	5.38	171.89	192.26
Estrato de Carbono III degradado y recuperado	46.45	34021.18	10.12	235.57	242.70
Estrato de Carbono IV degradado y recuperado	80.07	13541.77	13.13	333.63	200.13

La incertidumbre para los factores de absorción de las tierras no forestales que se convertían en tierras forestales con plantaciones de latifoliadas y coníferas, se obtuvieron directamente de las simulaciones de monte carlo a partir de las distribuciones de sus IMAs. Estas reportan una alta incertidumbre derivada de los modelos de crecimiento usados como se muestra en la Tabla 40.

Tabla 40. Incertidumbre de los Factores de absorción (Ton C ha⁻¹ año⁻¹) para las plantaciones de coníferas y latifoliadas.

Tipo de plantación	Mediana	Varianza	IC Inferior (5%)	IC Superior (95%)	U%
Plantación de conífera	6.09	18.11	1.49	14.96	110.67
Plantación de latifoliado	3.07	91.03	0.48	24.82	396.22

En los datos de actividad al igual que los factores de emisión, se realizaron las simulaciones sobre su distribución normal de sus áreas calculadas para todas las conversiones que determinaban el área para todas las actividad REDD+. Para la deforestación la menor incertidumbre fue en todos los tipos de cambio de cualquier estrato de carbono de tierra forestal hacia el pastizal y hacia las tierras agrícolas anuales, donde se concentra la mayor parte de la deforestación. Con una incertidumbre total del área de forestada del 8.37% (Tabla 41.) siendo la actividad REDD+ que presenta la mayor extensión. En las áreas totales degradadas y recuperadas de la degradación su incertidumbre fue similar 12.01% y 15.90% respectivamente (Tabla 41 y Tabla 42). Y por último para las tierras forestales que incrementaron área por el establecimiento de plantaciones forestales fue la mayor incertidumbre reportada en los DA y la cual también ocurre en una menor área.

Tabla 41. Incertidumbre de los datos de actividad de deforestación y degradación. 37

Tipo de conversión por deforestación y degradación	Mediana (Ha)	IC Inferior (5%) (Ha)	IC Superior (95%)(Ha)	U%
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas anuales	10,578.85	5,329.16	15,753.90	49.27
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas anuales	21,221.96	14,214.73	28,476.92	33.60
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas anuales	10,423.56	5,318.20	15,824.81	50.40
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas anuales	6,645.55	2,985.97	11,109.75	61.12
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-café	-	-	-	-
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-café	2,966.92	235.15	5,673.15	91.64
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-café	-	-	-	-
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-café	962.17	531.82	2,498.24	157.46
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-palma africana	1,874.03	383.49	4,091.12	119.38
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-palma africana	10,549.62	5,149.94	15,708.11	50.04
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-palma africana	1,928.95	462.93	4,143.08	119.39
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-palma africana	-	-	-	-
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-hule	-	-	-	-
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-hule	918.46	655.86	2,427.02	167.83
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-hule	4,805.66	1,345.73	8,292.25	72.27
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-hule	956.42	519.78	2,483.52	157.01
Estrato de Carbono I a sistemas agroforestales	1,865.75	314.68	3,990.14	115.36
Estrato de Carbono II a sistemas agroforestales	7,748.40	3,184.43	12,044.57	57.17
Estrato de Carbono III a sistemas agroforestales	2,838.82	131.61	5,573.61	95.85
Estrato de Carbono IV a sistemas agroforestales	3,843.69	700.25	6,855.41	80.07
Estrato de Carbono I a pastizales	124,895.44	108,952.24	141,997.82	13.23
Estrato de Carbono II a pastizales	100,090.38	84,584.03	116,131.56	15.76
Estrato de Carbono III a pastizales	42,053.99	30,897.24	52,347.41	25.50
Estrato de Carbono IV a pastizales	9,668.07	4,375.13	14,759.25	53.70
Estrato de Carbono I a asentamientos	964.05	640.50	2,608.69	168.52
Estrato de Carbono II a asentamientos	915.97	619.43	2,562.12	173.67
Estrato de Carbono III a asentamientos	-	-	-	-
Estrato de Carbono IV a asentamientos	957.23	616.67	2,495.34	162.55
Estrato de Carbono I a otras tierras	-	-	-	-
Estrato de Carbono II a otras tierras	3,894.71	932.19	6,978.99	77.63
Estrato de Carbono III a otras tierras	964.46	596.58	2,437.47	157.29
Estrato de Carbono IV a otras tierras	1,917.28	328.99	4,084.45	115.10
Estrato de Carbono I a humedales y cuerpos de agua	985.49	548.39	2,541.21	156.75
Estrato de Carbono II a humedales y cuerpos de agua	-	-	-	-
Estrato de Carbono III a humedales y cuerpos de agua	-	-	-	-
Estrato de Carbono IV a humedales y cuerpos de agua	-	-	-	-
Total de Deforestación	376,516.79	346,361.88	409,376.66	8.37
Estrato de Carbono I degradado	32,727.74	23,437.25	42,274.06	28.78
Estrato de Carbono II degradado	65,423.80	52,908.39	78,181.50	19.31
Estrato de Carbono III degradado	49,639.13	38,193.71	61,678.27	23.66
Estrato de Carbono IV degradado	22,067.52	14,344.57	29,702.40	34.80
Total de Degradación	169,382.34	149,830.50	190,531.88	12.01

Tabla 42. Incertidumbre de los datos de actividad para los incrementos de existencias de carbono.

Incrementos de existencias de carbono	Mediana (Ha)	IC Inferior (5%) (Ha)	IC Superior (95%)(Ha)	U%
Estrato de Carbono I recuperado de la degradación	-	-	-	-
Estrato de Carbono II recuperado de la degradación	28,923.34	19,767.72	37,832.41	31.23
Estrato de Carbono III recuperado de la degradación	28,476.29	20,061.58	37,462.75	30.55
Estrato de Carbono IV recuperado de la degradación	12,215.29	6,540.67	17,804.22	46.10
Total de Recuperación de la Degradación	106,341.95	88,957.00	122,767.75	15.90
Tierras no forestales a plantaciones de latifoliadas	14,118.10	8,174.58	20,191.71	42.56
Tierras no forestales a plantaciones de coníferas	15,209.51	8,596.39	21,200.39	41.43
Total de incremento por plantaciones forestales	29,442.05	20,330.44	37,377.17	28.95

Como un tercer paso para la estimación total de la incertidumbre por Actividad REDD+, las simulaciones de Monte Carlo de los FE/FA y datos de actividad se combinaron a partir de una multiplicación en todos sus tipos de cambio para estimar sus emisiones y absorciones totales en Ton C/Ha, del periodo de referencia de 2006 a 2016, por cada Actividad REDD+ y su tipo de cambio se estimaron sus emisiones e incertidumbre derivadas de las 1000 simulaciones (Tablas 43, 44 y 45).

Nivel de Referencia de Emisiones/Absorciones Forestales de Guatemala

Tabla 43. Incertidumbre de las emisiones de carbono de deforestación por tipo de conversión

Tipo de conversión por deforestación	Mediana (Ton C)	IC Inferior (5%) (Ton C)	IC Superior (95%) (Ton C)	U%
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas anuales	1,010,158.16	353,593.60	1,925,096.09	77.78
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas anuales	1,680,833.44	205,741.69	6,734,531.20	194.21
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas anuales	1,024,653.28	156,479.12	6,197,159.76	294.77
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas anuales	940,054.38	99,522.76	5,254,334.87	274.18
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-café	-	-	-	-
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-café	176,013.87	-8,429.69	1,057,095.40	302.68
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-café	-	-	-	-
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-café	115,337.01	-97,149.37	1,015,790.97	482.47
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-palma africana	158,167.50	-17,466.14	451,022.61	148.10
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-palma africana	725,543.83	35,037.43	3,225,466.28	219.86
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-palma africana	149,371.07	-32,467.57	1,155,059.95	397.51
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-palma africana	-	-	-	-
Estrato de Carbono I a tierras agrícolas-hule	-	-	-	-
Estrato de Carbono II a tierras agrícolas-hule	58,185.05	-45,061.95	418,347.14	398.22
Estrato de Carbono III a tierras agrícolas-hule	430,419.93	31,733.50	2,551,626.52	292.72
Estrato de Carbono IV a tierras agrícolas-hule	92,607.69	-21,246.51	989,018.55	599.45
Estrato de Carbono I a sistemas agroforestales	120,821.66	- 28,446.96	435,007.81	191.79
Estrato de Carbono II a sistemas agroforestales	512,135.13	27,080.22	2,408,495.24	232.50
Estrato de Carbono III a sistemas agroforestales	166,304.93	- 40,188.11	1,393,094.54	430.92
Estrato de Carbono IV a sistemas agroforestales	436,893.69	-21,095.99	3,235,432.29	372.69
Estrato de Carbono I a pastizales	12,203,963.31	5,378,012.65	20,434,003.89	61.68
Estrato de Carbono II a pastizales	7,538,693.32	829,483.03	33,787,003.44	218.59
Estrato de Carbono III a pastizales	4,202,349.54	700,356.51	22,255,641.38	256.47
Estrato de Carbono IV a pastizales	1,465,737.73	171,745.14	8,058,370.80	269.03
Estrato de Carbono I a asentamientos	96,103.35	64,485.89	305,707.47	192.60
Estrato de Carbono II a asentamientos	58,116.43	- 52,778.10	487,310.07	464.66
Estrato de Carbono III a asentamientos	-	-	-	-
Estrato de Carbono IV a asentamientos	98,776.26	-136,575.12	939,191.31	544.55
Estrato de Carbono I a otras tierras	-	-	-	-
Estrato de Carbono II a otras tierras	275,069.31	17,626.41	1,520,732.71	273.22
Estrato de Carbono III a otras tierras	89,004.29	-75,562.02	673,325.71	420.70
Estrato de Carbono IV a otras tierras	256,614.37	-50,775.14	1,775,627.78	355.87
Estrato de Carbono I a humedales y cuerpos de agua	90,093.31	-62,888.24	286,146.45	193.71
Estrato de Carbono II a humedales y cuerpos de agua	-	-	-	-
Estrato de Carbono III a humedales y cuerpos de agua	-	-	-	-
Estrato de Carbono IV a humedales y cuerpos de agua	-	-	-	-

En la deforestación la conversión del estrato I de tierras forestales a pastizales y a tierras agrícolas son las conversiones que menor incertidumbre reporta, con 61.8 y 77.78% respectivamente (Tabla 43). Siendo estas categorías las que concentran una porción

significativa de las emisiones de carbono. El estrato I de bosque en sus factores de emisión es el que menos incertidumbre reporta y donde se encuentra presente tienden a ser más bajas. Por lo que al combinarse este estrato I con conversiones que reportan una gran extensión en sus datos de actividad, tiende a reportar menores incertidumbres. Inclusive menor a 100%, lo contrario al resto de las conversiones por reportan incertidumbres muy altas de más del 100%. Los factores de emisión son los que reportan incertidumbres muy altas (Tabla 43) a comparación de los de los DA para la deforestación (Tabla 41) lo cual tiende a incrementarlas en sus emisiones totales, ya que toda la estimación es muy dependiente de ellos (Tabla 43). Lo mismo sucede en la degradación con el estrato I degradado, que es el que menos incertidumbre contiene (Tabla 44), y la alta incertidumbre de los otros estratos de carbono aumenta drásticamente, a pesar de que en sus DA tienen una incertidumbre similar (Tabla 39 y 41).

Tabla 44. Incertidumbre de la degradación por tipo de conversión.

Degradación	Mediana (Ton C)	IC Inferior (5%) (Ton C)	IC Superior (95%) (Ton C)	U%
Estrato de Carbono I degradado	1,658,802.75	703,113.54	2,917,016.15	66.73
Estrato de Carbono II degradado	2,731,067.58	411,967.62	10,694,489.40	188.25
Estrato de Carbono III degradado	2,520,948.70	579,212.27	12,311,695.04	232.70
Estrato de Carbono IV degradado	1,794,676.26	257,101.03	8,225,485.35	222.00

En el caso del incremento de existencias de carbono, las incertidumbres son consistentemente altas (Tabla 41), mayores a 200%, debido a que las conversiones que presentan en esta Actividad REDD+, sus factores de absorción por recuperación de la degradación solo están presentes los estratos de carbono con mayor incertidumbre (estratos II, III y IV) (Tabla 39), y los factores de absorción de las plantaciones son los que tienen incertidumbres más altas (Tabla 40). Por el contrario, en los DA para esta Actividad REDD+, su incertidumbre es relativamente baja (Tabla 42) pero al igual que en la deforestación y degradación los factores de emisión tienen gran peso en la estimación total y elevan la incertidumbre.

Tabla 45. Incertidumbre de los aumentos de existencias de carbono por tipo de conversión.

Tipo de conversión por Incrementos de existencias de carbono	Mediana (Ton C)	IC Inferior (5%) (Ton C)	IC Superior (95%) (Ton C)	U%
Recuperación de la Degradación				
Estrato de Carbono I recuperado de la degradación	-	-	-	
Estrato de Carbono II recuperado de la degradación	1,177,637.00	173,893.02	4,947,421.55	202.67
Estrato de Carbono III recuperado de la degradación	1,458,797.88	314,434.10	7,148,513.88	234.24
Estrato de Carbono IV recuperado de la degradación	986,968.89	142,493.83	4,804,767.95	236.19
Incremento de carbono por plantaciones forestales				
Tierras no forestales a plantaciones de latifoliadas	48,318.07	6,454.04	310,984.17	315.13
Tierras no forestales a plantaciones de coníferas	89,210.15	23,603.61	234,640.44	118.28

Para estimar las emisiones de carbono totales, del resultado de las emisiones y absorciones por todos los tipos de cambio de cada Actividad REDD+, se realizó una sumatoria, para así tener sus totales de emisiones y absorciones simuladas, y poder obtener las incertidumbres finales con su error propagado para cada Actividad REDD+ como se muestra la Tabla 46.

Tabla 46. Incertidumbre de las emisiones/absorciones por degradación, deforestación y el incremento por existencias de carbono del NREF/NRF de la República de Guatemala.

Emisiones del NREF por deforestación y degradación	Mediana (Ton C)	IC Inferior (5%) (Ton C)	IC Superior (95%) (Ton C)	U%
Deforestación	42,365,076.18	23,708,790.27	88,637,419.48	76.63
Degradación	10,654,300.13	4,749,450.60	26,655,540.64	102.80
Absorciones del NRF por incremento de existencias de Carbono				
Recuperación de la degradación	6,677,875.29	3,383,208.22	15,058,745.07	87.42
Incremento de carbono en plantaciones forestales	1,582,389.68	527,334.79	4,712,055.35	132.23

La Actividad REDD de deforestación es la que tiene mayor contribución a las emisiones y es la que reporta una incertidumbre menor de 81.44%, siendo la actividad mejor medida y

representada, con las emisiones por degradación, y las absorciones por recuperación de la degradación, un poco mayores a la deforestación con 97.99 y 90.74% respectivamente. Solo el incremento de existencias de carbono por plantaciones forestales tuvo una incertidumbre significativamente mayor, pero con una contribución en las absorciones para esa Actividad REDD+ también menor, comparada la recuperación por degradación que cuenta con una menor incertidumbre y mayores absorciones (Tabla 43).

Como último paso, se incrementó el número de repeticiones a 10,000, sin embargo, los estimadores de tendencia central y su incertidumbre que se estiman no cambian en sus rangos, por lo cual se determinó que con el cálculo de una simulación de 1000 repeticiones es suficiente para presentar la incertidumbre (GCI 2019).

Los procedimientos completos de la estimación de su incertidumbre de todo el NREF/NRF se proporcionan en un vínculo del siguiente apartado en la sección 5.1.

5. INFORMACIÓN TRANSPARENTE, COMPLETA, CONSISTENTE Y EXACTA DEL NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL

El NREF/NRF de la Republica de Guatemala se ha construido con base en las modalidades del NREF/NRF para la CMNUCC y siguiendo las directrices más recientes del IPCC (2006) en cumplimiento con el Anexo de la decisión 12/CP17 como se ha descrito anteriormente en todas sus secciones. La información usada para realizar las estimaciones de emisiones y absorciones, para las actividades REDD+ de deforestación, degradación e incrementos de existencias de carbono, ha sido la mejor información disponible para el país y está en concordancia el párrafo 2(c) del Anexo de la Decisión 13/CP.19, en su condición de ser transparente, completa, consistente y exacta.

En el desarrollo del NREF/NRF se resumen todos los procedimientos para la obtención de los insumos base de sus datos de actividad, los factores de emisión, factores de absorción y la obtención de las estimaciones, para transparentar los métodos e información usada. Se describió la disponibilidad de datos en el país para poder usar la información más completa, y las actividades REDD+ se estimaron por separado, para guardar su consistencia bajo supuestos acordes con lo métodos y tipo de información usada. La incertidumbre del proceso completo de estimación fue analizada, y se muestra de manera transparente la forma en que se obtiene la estimación de las emisiones y absorciones y sus principales fuentes de error que requieren de atención para ser mejorada.

5.1. Transparencia y completitud

La información usada en el NREF/NRF es transparente por estar descritos todos los datos originales y las principales fuentes de información, los supuestos que se plantean para las estimaciones, sus métodos y los procedimientos. Por ello las secciones del NREF/NRF se estructura en la secuencia de los procedimientos para obtener las estimaciones de las emisiones y absorciones de las Actividades REDD+.

Los métodos e información están accesibles y permiten la reconstrucción de manera completa acuerdo con la decisión 12/CP.17, poniéndose a disponibilidad pública en el portal del Sistema MRV REDD+ en el submódulo del el NREF/NRF que es parte del Sistema Nacional de Información de Cambio Climático (SNICC). Con el propósito de transparentar se puede tener acceso al conjunto de información necesaria para tener una trazabilidad de los datos, métodos, análisis y resultados del NREF/NRF.

En el portal del MRV REDD+ del NREF/NRF se encuentra disponible, el protocolo para los datos de actividad y la malla de muestreo sistemático con todas sus variables medidas en interpretación visual de imágenes satelitales, y sus datos resultantes usado para la estimación de área de cada actividad REDD+. Para los factores de emisión y absorción se encuentra sus protocolos y bases de datos (datos de inventarios forestales y parcelas permanentes), procedimiento de estimación y sus productos espaciales (ej. mapa de estrato de carbono) o tabulares (ej. IMAs). Para la estimación de absorciones y emisiones del periodo histórico del NREF/NRF, se encuentran las bases de datos y procedimientos integrados de cada actividad REDD+, y su incertidumbre estimada a partir del método de Monte Carlo. Toda esta información se resume en la Tabla 47 y se pone disponible mediante sus vínculos de acceso en el portal MRV REDD+ del NREF, con el fin de facilitar el proceso de evaluación técnica del NREF/NRF conforme a la decisión 13/CP.19 en su anexo.

Tabla 47. Información de acceso público para la construcción de NREF/NRF de Deforestación, Degradación y de Incremento de Existencias de Carbono de 2006 a 2016 de la República de Guatemala, en el portal del SNICC en su MRV REDD+ del NREF/NRF.

Insumo	Item	Tipo de información y vínculo en el portal MRV REDD+-NREF/NRF
Dato de actividad	Malla de muestreo sistemático	Documento en PDF del Protocolo metodológico para el uso de la plataforma Collect Earth, aplicado para la actualización de niveles de referencia de emisiones forestales de gases de efecto invernadero (GEI) de Guatemala 2006-2016" (GIMBUT, 2019). Vínculo: http://snicc.marn.gob.gt/MRV/SNMF
		Base de datos en hoja de cálculo (Excel) de la Malla de muestreo para los datos de actividad. Vínculo: http://snicc.marn.gob.gt/MRV/SNMF
Factores de Emisión y absorción	Factores de emisión	Documento en PDF del "Informe Metodológico para la Elaboración del Mapa de Estratos de carbono". Vínculo: http://snicc.marn.gob.gt/MRV/SNMF
		Carpetas de conjuntos de Bases de datos en hojas de calculo (Excel) de la recopilación de sitios de inventario forestal Vínculo: http://snicc.marn.gob.gt/MRV/SNMF
		Base de datos en hoja de cálculo (Excel) consolidada de los sitios de inventario forestal para su uso en mapa de los estratos de carbono
		Geodatabase (.lpx) de ArcGis del Mapa de Estratos de Carbono Vínculo: http://snicc.marn.gob.gt/MRV/SNMF
	Factores de absorción	Documento en PDF "Protocolo Metodológico para Línea Base de Aumentos de Stock de Carbono" Vínculo: http://snicc.marn.gob.gt/MRV/SNMF
		Bases de datos en hoja de cálculo (Excel) de las Parcelas Permanentes de Monitoreo Forestal del INAB con sus variables para obtener los IMAs de las plantaciones de latifolias y coníferas Vínculo: http://snicc.marn.gob.gt/MRV/SNMF
Estimaciones de las emisiones y absorciones	Estimación nacional de las Actividades REDD+	Hoja de cálculo (Excel) con las bases de datos y procedimientos de cálculo para las estimaciones de emisiones y absorciones de las Actividades REDD+ de deforestación, degradación e incremento de existencias de carbono. Vínculo: http://snicc.marn.gob.gt/MRV/SNMF
		Hoja de cálculo (Excel) con el procedimiento de estimación complementaria para otros gases noCO ₂ y reservorios no incluidos en el NREF/NRF. Vínculo: http://snicc.marn.gob.gt/MRV/SNMF
	Estimación de incertidumbre	Hoja de cálculo (Excel) con las bases de datos y procedimientos de cálculo de incertidumbre de emisiones y absorciones de las Actividades REDD+ de deforestación, degradación e incremento de existencias de carbono. Vínculo: http://snicc.marn.gob.gt/MRV/SNMF

El NREF/NRF utilizó la información más completa disponible para el país que podían estimar las emisiones y absorciones de las tres actividades REDD+ como se muestra en la información proporcionada. Con la malla de muestreo sistemático es posible monitorear

exhaustivamente el territorio nacional para determinar el área con precisión de cada Actividad REDD+. En la evaluación el carbono de los bosques, el modelo del Mapa de estratos de carbono integra lo mejores datos disponibles a nivel nacional para el cálculo de los depósitos de carbono en la biomasa por encima del suelo y por debajo del suelo. Y para los factores de absorción por plantaciones se integraron las mediciones de la biomasa por encima del suelo y por debajo del suelo de los datos de crecimiento de la red de PPMF a nivel nacional.

No obstante, no se pudieron incluir los depósitos de carbono de la materia orgánica muerta (MOM) y del carbono del suelo (COS) por su información limitada como se indicó en la sección de las Actividades y Gases incluidos en el NREF/NRF (Sección 3.5). Además de tampoco incluir los incendios forestales, que es una importante causa de degradación de bosques y que genera gases no CO₂.

Dichos depósitos de carbono y gases no CO₂ de los incendios, pueden ser una fuente importante de emisión que al ser excluidos pueden derivar en importantes subestimaciones. En este sentido, y con el fin de conocer de manera preliminar el grado de magnitud de la exclusión. Con información disponible a nivel nacional que se integró en el marco del PRE-FCPF, donde se recopiló información para la estimación del carbono de la MOM, COS e información para estimar emisiones de los incendios forestales. Se realizó un cálculo general a nivel nacional, que adicionado de manera independiente a las estimaciones de emisiones por deforestación y degradación el NREF/NRF, indican la posible contribución de estos depósitos y gases excluidos.

Para estimar el contenido de carbono en la MOM se usó el estudio de Castellanos et al., (2007 y 2008) que tiene datos regionales de país de 1,146 parcelas de muestreo que dan un promedio de 3.8 Ton C Ha⁻¹ y en el MLC se usaron datos de otros países (Panamá, México y Costa Rica) que promedian 4.8 Ton C Ha⁻¹ (GCI 2019). En el caso de COS se usó también el estudio de Castellanos et al., (2007 y 2008) de 499 parcelas que si cuantificaron el COS, con un promedio de 29.2 Ton C Ha⁻¹, cuyo valor fue amortizado a 20 años (1.46 Ton C Ha-

1 año⁻¹). Para ambos depósitos se asume que se pierde en su totalidad solo para el área deforestada a nivel nacional en el periodo del NREF/NRF (GCI 2019).

Para el caso de incendios solo se contabilizaron como parte de la degradación en sus gases no CO₂. Para ello se usaron los valores tabulares reportados por el INAB a nivel nacional de superficies que ocurrieron incendios forestales en el portal del SIFGUA de 2007 a 2016, con los siguientes supuestos: la mayor parte de los incendios son superficiales, que consumen la hojarasca (8.08 toneladas de materia seca por ha), y MLC (10.21 toneladas de materia seca por ha), en los incendios de copa se consume la biomasa del arbolado (237.3 toneladas de materia seca por hectárea) y en los subterráneos consumen las raíces (47.46 toneladas de materia seca por hectárea). Estos valores se aplicaron a la ecuación general de emisiones a causa del fuego por quema de biomasa del IPCC 2006 (Ecuación 2.27), con los factores sus valores por defecto de factores de combustión y emisión por especie química de CO, CH₃ y NO₂ (GCI 2019). La estimación complementaria se encuentra en el vínculo proporcionado en la Tabla 47.

En este análisis general se determinó que la contribución mayor son los depósitos que se contabilizan en el NREF/NRF, que contribuyen en la deforestación y degradación en un 88.7% de sus emisiones, pero los depósitos y gases que se excluyeron en su conjunto representan un 11.3%, lo que nos indica que se debe de realizar un esfuerzo en incluirlos y contabilizarlos en las futuras actualizaciones del NREF/NRF, para lograr tener estimaciones más completas.

Tabla 48. Contribución potencial de las emisiones por deforestación y degradación de depósitos no incluidos y gases no CO₂ por incendios forestales.

Depósito/Gas (Actividad REDD+)	Emisiones de Ton CO ₂ año ⁻¹	Porcentaje
Biomasa por encima del suelo y por debajo del suelo (Deforestación y degradación)	17,755,032.43	88.7
Materia orgánica muerta (deforestación)	1,127,770.72	5.6
Carbono en suelo (deforestación)	1,112,844.34	5.6
Gases no CO₂ (degradación por incendios)	23,897.35	0.1
Total	20,019,544.83	100

En este sentido, en el segundo ciclo del Inventario Nacional Forestal que está en marcha, se están colectando de manera integral todos los depósitos de carbono, incluyendo el MOM y la COS, lo cual proporcionará mejor información para conocer su contribución al carbono forestal total, e incluir estos depósitos gradualmente en la contabilidad de carbono a nivel nacional (INAB-CONAP 2020). También la información más completa de todos los depósitos de carbono potencialmente dará información para incluir las actividades REDD+ no consideradas (Conservación de Reservas de Carbono y Manejo Forestal Sostenible) y detallar mejor los procesos de la dinámica del balance de carbono de las actividades REDD+ que ya están incluidas en el NREF/NRF.

De la misma manera, para lograr una mejora en la cuantificación de los incendios e incluir los gases diferentes al CO₂, también se integrará en un futuro los datos del Inventario Forestal Nacional que cuantifican todos depósitos de carbono que intervienen como combustible forestal (INAB-CONAP 2020), así como los datos de cicatrices de incendios del Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana de Incendios, y Quemas Agrícolas que se desarrolla en el marco del MRV REDD+ (GCI 2019 y 2020). Con estos dos insumos, también se podrá conocer su ubicación y superficie, diferenciando si el proceso de quema de biomasa se le atribuye a un incendio o a un cambio de uso de suelo donde se usa el fuego para deforestar que es un proceso común en Guatemala que debe de ser también caracterizado y contabilizado para lograr mejores estimaciones de emisiones a nivel nacional de sector forestal.

5.3. Consistencia

El NREF/NRF es consistente entre sus métodos y resultados en todo el periodo de 2006 a 2016. Los datos de actividad que cuantificaron la superficie donde ocurre cada actividad REDD+, se generaron en su totalidad en la malla de muestreo sistemático que monitorea las tierras forestales en su cobertura y su dinámica de cambio. En su análisis de interpretación visual de las parcelas de muestreo, se utilizaron los mismos criterios de designación de categorías de tierras, de cambios entre categorías de tierra y de cambios en la cobertura forestal; con apoyo de las mismas herramientas de interpretación en los insumos de sensores remotos, depositándose sus resultados una base de datos

consolidada, con sus controles de calidad pertinentes y que se procesó para su análisis contando con todo el proceso documentado.

En los factores de emisión y absorción se tuvo el Mapa de Estratos de Carbono como una base consistente de estimación del carbono en bosques a nivel nacional, que utilizó para cada estrato de carbono, una base de datos consolidada de inventarios forestales recopilados a nivel nacional, procesando con la misma metodología de análisis sus variables disponibles para cuantificar depósitos de carbono de biomasa por encima del suelo y por debajo del suelo. Y para los factores de absorción basados en el crecimiento de las plantaciones forestales, se tiene una red nacional de PPMF, la cual tienen métodos estandarizados para la colecta de sus variables de crecimiento, con datos históricos y de monitoreo a largo plazo, que son una base consistente para la obtención de su incremento de carbono calculados con los métodos que se han definido en el NREF/NRF.

La malla de muestreo de monitoreo intensivo del territorio de los datos de actividad mejora la consistencia y precisión de los insumos de datos de actividad, y su vinculación con la información de inventarios forestales y factores de emisión/absorción. Estos son los insumos principales para el sistema MRV REDD+ que esta en fase de diseño e implementación y de los cuales se realizan todos los reportes para la CMNUCC del sector UTCUTS como se ha descrito en la sección 2.2.

Por lo tanto, el NREF/NRF es coherente con los reportes del sector UTCUTS y los presentados en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de la Tercera Comunicación Nacional presentada en 2021 (MARN, PNUD y SEGEPLAN, 2021) y guardará la misma consistencia con el Primer Informe Bienal de Actualización (IBA) que se encuentra en elaboración y contendrá el primer Anexo Técnico REDD+ de pago por resultados.

5.4. Exactitud

En el NREF/NRF se describieron los supuestos para el uso de los datos disponibles de estimación para cada actividad REDD+ y se identificaron las fuentes de error de sus principales insumos para la estimación de las emisiones y absorciones en sus DA y FE/FA.

En la malla sistemática de muestreo de DA, fue posible medir la exactitud de las áreas de cambio con sus intervalos de confianza, lo que mejora la transparencia del reporte de incertidumbre para cada actividad REDD+, y en el proceso general de la estimación se identificó que los DA fueron la menor fuente de incertidumbre (Tabla 37 y 38). Los factores de emisión y absorción debido a la alta variabilidad de procedencia de sus datos (ej. inventarios forestales y datos por defecto del IPCC) y su complejo modelaje para integrarlos a la estimación fueron los que reportaron las fuentes de error más altas, y que aportan la mayor incertidumbre a la estimación total para cada actividad REDD+.

Como resultado de la incertidumbre de las emisiones del periodo histórico del NREF/NRF, la deforestación fue la que reportó el valor menor de 76.63% y para la degradación de 102.80%. Y para sus absorciones en el incremento de existencias de carbono, en la recuperación de la degradación y en el incremento por plantaciones forestales fue de 87.42% y 132.23%.

El análisis de incertidumbre es una guía para identificar las áreas de mejora en la estimación y de ser posible reducir las mayores fuentes de error detectadas. En el mapa de estratos de carbono se identifica que se tienen algunos estratos mejor representados y se requiere un mejor diseño de muestreo y datos de campo provenientes de inventarios, para representar mejor el contenido de carbono de los bosques a nivel nacional. Para los datos de actividad se identifica que varias clases de conversiones de interés para las Actividades REDD+ están poco representados por el muestreo de las parcelas, lo cual también implica mejorar el diseño del muestreo de la malla en función estos resultados.

Para ello en Guatemala se está trabajando en el desarrollo de una estimación más integral de la malla de muestreo y la evaluación de los bosques con datos de campo, para tener diseños de muestreo para los datos de actividad y para determinar los contenidos de carbono en campo de bosques y usos de la tierra (Factores de Emisión y absorción), con una mayor compatibilidad que mejoren la estimación de todas las Actividades REDD+.

6. ÁREAS DE AVANCES Y MEJORA GRADUAL DEL NRF

En Guatemala se tiene un proceso continuo de fortalecimiento institucional y técnico para mejorar las capacidades nacionales en el MRV REDD+ y la construcción del NREF/NRF, liderada por el GCI Técnico y que se implementa a través del GIMBUT.

Uno de sus principales avances que ha realizado el GIMBUT en los datos de actividad, fue el de establecer la malla de muestreo intensiva para monitoreo forestal como una herramienta en todo el territorio del país. El cual es un enfoque de para el cálculo de DA que sigue las directrices del IPCC (2006), que tiene la capacidad de detectar todas las conversiones de cambio del sector UTCUTS y el potencial para integrar datos de campo, permitiendo alinear los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero para UTCUTS en el país y sus reportes internacionales. La malla de muestreo también permitirá realizar los reportes de manera periódica para el pago por resultados en el marco de PRE-FCPF, por lo que ya se encuentre en progreso una actualización de su muestreo.

En DA también cuenta con un enfoque de pared a pared donde se han generado mapas de dinámica y cobertura. Actualmente se han generado mapas hasta el año de 2016 con el “Mapa de Dinámica de cambio en la cobertura forestal de Guatemala para el periodo 2006–2016” en el cual se cuantifican las pérdidas de bosque por deforestación y la ganancia de bosque por restauración (GCI 2020). También para para la actividad de incrementos de carbono por plantaciones forestales, históricamente se tienen consolidadas espacialmente las áreas donde se han establecido incentivos forestales desde 1998 a la actualidad, las cuales son áreas de especial interés y prioritarias para conocer su dinámica de cambio.

De la misma manera el país ha desarrollado productos pared a pared, que serán insumo para lograr una mejor evaluación de la degradación, por la causa de incendios forestales, que aún no se ha podido incluir en las estimaciones. Los insumos son mapas de cicatrices de fuego que podrán ser actualizados anualmente y que forman parte del Sistema de Monitoreo y Alerta Temprana de Incendios, y Quemadas Agrícolas que se desarrolla en el marco del MRV REDD+.

Los nuevos insumos de pared a pared aportarán a mejorar la de la malla sistemática, y estratificar con base a estos mapas las áreas de cambio de interés para aumentar la precisión, y disminuir el error para su evaluación de las superficies donde ocurren las Actividades REDD+. A su vez, la malla de muestreo tiene el potencial de retroalimentar la generación de insumos cartográficos, para tener modelos espaciales de mayor precisión, que pueden servir para la planificación y evaluación en el marco de la ENREDD+. Lograr integrar a la malla de muestreo dicha información cartográfica que el país genera aumentará el potencial de la evaluación de la actividades REDD+ y su precisión.

En los factores de emisión se tiene un avance significativo de la generación de información dirigida hacia la evaluación nacional de bosques, con la puesta en marcha en 2021 del segundo ciclo del Inventario Nacional Forestal. El INF fue la base para construir la malla de muestreo de los datos de actividad, además se están recolectando datos de todos los depósitos de carbono con una precisión esperada entre el 10 y 15% (INAB y CONAP. 2020). El segundo ciclo de inventario nacional forestal ha mejorado los métodos de recolección de datos de carbono, que incluyen la biomasa por arriba del suelo, biomasa por debajo del suelo, materia orgánica muerta y el carbono orgánico en suelos que se encuentran descritos en un manual de campo. Para la captura de información en campo también se cuenta con el apoyo de una aplicación de colecta de datos *Silvametricus* (FAO 2021).

El Inventario Nacional Forestal (INF) y la Red de Parcelas Permanentes de Muestreo Forestal (PPMF), por sus características de proporcionar datos de campo y tener diseños consistentes para evaluar directamente para cada tipo de bosque, sus depósitos de carbono y su dinámica de cambio, deben de ser las fuentes principales para poder estimar los datos de los factores de emisión y absorción para MRV REDD+ y el NREF/NRF de forma directa, por lo que sustituirán los valores obtenidos del mapa de estratos de carbono, el cual se desarrolló como la mejor opción para utilizar la mayor cantidad de información existente en el país para este primer nivel de referencia, sin embargo refleja una alta incertidumbre en las estimaciones y la información es limitada para la evaluación de los bosques del país por vacíos de información.

La integración de los datos del IFN es una importante área de mejora porque constituye la fuente de más datos sólida sobre los reservorios de carbono forestal ya que se basa en un muestreo estadísticamente robusto e incluye todas las tierras forestales y usos de la tierra, por otro lado permite la cuantificación directa de carbono de todos sus depósitos por tipo de bosques y caracteriza de una manera más precisa los procesos de cambio que involucran a los depósitos de carbono en la actividades REDD+ que se incluyan.

La integración de los datos de actividad de la malla de muestreo y los datos de campo del INF y de las PPMF en las estimaciones, representan una mejora y un mayor reto a corto plazo para el país para disminuir la incertidumbre y dar mejor información del estado de los bosques a través del sistema MRV REDD+ y en una mejora gradual para la actualización del NREF/NRF.

7 . BIBLIOGRAFIA

Alonso-Fradejas, A., Hub, J. L. C., & Miranda, T. C. (2011). Plantaciones agroindustriales, dominación y despojo indígena-campesino en la Guatemala del s. XXI. Edit. Instituto de Estudios Agrarios y Rurales y Coordinación de ONG y Cooperativas. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 211 p.

ANACAFE. 1998. Cuantificación Estimada del Dióxido de Carbono Fijado por el Agrosistema Café en Guatemala. 9º Congreso de Caficultura Nacional, publicado por la Asociación Nacional del Café de Guatemala, ANACAFÉ.

ART Architecture for REDD+ Transactions. (2020). Descripción General del Estándar de Excelencia Ambiental REDD+ (TREES por sus siglas en inglés). Disponible en: <https://www.artredd.org/wp-content/uploads/2020/04/TREES-v1-February-2020-FINAL.pdf>

Castellanos, E., C. Bonilla y A. Quilo. 2007. Cuantificación de Carbono Capturado por Bosques Comunes Municipales de Cuatro Municipios en los Departamentos de San Marcos y Huehuetenango. Informe Final Proyecto AGROCYT No. 051-2004.

Castellanos, E. y C. Flores. 2006. Estimación del Contenido de Carbono en Bosques del Altiplano Occidental de Guatemala. Informe de Proyecto, UVG, CARE. Ediciones Superiores, Guatemala. 65 pp.

Castillo MF. 2016. Informe de análisis de usos post deforestación para el periodo de referencia 2001-2010.

CONADUR y SEGEPLAN, 2014. Plan Nacional de Desarrollo K'atun: nuestra Guatemala 2032. Guatemala. 480p.

CONAP, 2008. Guatemala y su Biodiversidad: Un Enfoque histórico, cultural, biológico y económico. Documento Técnico 67. Guatemala. 229p.

CONAP. 2010. Integración del análisis de vacíos ecológicos y estrategias para conservación. Guatemala, Guatemala.

CONAP. 2016. Ley de Áreas Protegidas y su Reglamento, Decreto No. 4-89 y sus Reformas, Decretos No. 18-89, 110-96 y 111-97 del Congreso de la República de Guatemala. 144 p. Doc. Técnico no. 18-2016.

DATAFORG. 2000. Coníferas de Guatemala. Base de datos Forestales para Guatemala y Mesoamérica. Obtenido de <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/multicyt/multicyt%201999.01.pdf>

DIGEGR-MAGA. 2015. Memoria técnica y descripción de resultados del mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, a escala 1:50,000 de la República de Guatemala

Dionisio, S. 2019. Conservación y desarrollo basado en la comunidad: las concesiones forestales comunitarias en Petén, Guatemala. Revista Yu'am 3(5): 52-60

FAO. 2021. Marco Conceptual del Sistema Nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) del Sector Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Guatemala. 58 p.

FAO. 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Guatemala. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/007/j0605s/j0605s03.htm>

FUCUDE. 2004. Diccionario Histórico Biográfico. Definición de "Guatemala". 962p. Disponible en: <http://www.fundacionhcg.org/libros/dhbg/>

GCI. 2020. Estrategia Nacional REDD+ Guatemala (2020-2050) (ENREDD+) Bosque | Gente | Futuro. Gobierno de Guatemala, Grupo de Coordinación Interinstitucional (GCI). Ciudad de Guatemala.

GCI. 2019. Emission Reductions Program Document (ER-PD) Guatemala. Date of Submission or Review: November 5, 2019. 294p. Disponible en: https://www.forestcarbonpartnership.org/system/files/documents/Guatemala_ER_PD_11_05_2019.pdf

GFOI. 2020. Integrating remote-sensing and ground-based observations for estimation of emissions and removals of greenhouse gases in forests: Methods and Guidance from

the Global Forest Observations Initiative. Edition 3.0. Group on Earth Observations, Geneva, Switzerland, 2014.

https://www.reddcompass.org/documents/184/0/GFOI-MGD-3.1_en.pdf/a3412aa7-878a-4b93-a1b7-3813c902bf27

GOFC-GOLD, A. 2016. Sourcebook of Methods and Procedures for Monitoring and Reporting Anthropogenic Greenhouse Gas Emissions and Removals Associated with Deforestation, Gains and Losses of Carbon Stocks in Forests Remaining Forests, and Forestation. Gains and Losses of Carbon Stocks in Forests Remaining Forests, and Forestation, 126.

GIMBUT. 2019. Protocolo metodológico para el uso de la plataforma Collect Earth, aplicado para la actualización de niveles de referencia de emisiones forestales de gases de efecto invernadero (GEI) de Guatemala 2006-2016. Guatemala. 79p.

GIMBOT. (2014). Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012. Mapa de Cambios en Uso de la Tierra 2001 - 2010 para Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Gómez Xutuc, D. D. (2017). Informe metodológico para la elaboración del mapa de estratos de Carbono. Guatemala. 42 p.

INAB. 2020. Informe de Labores 2020. 48p. Disponible en: https://www.inab.gob.gt/images/memoria_de_labores/Memoria%20de%20labores%202020.pdf

INAB y CONAP. 2020. Marco metodológico para el segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional de Guatemala. Guatemala. 36 p.

INAB. 2019. Informe de Labores 2019. 46p. Disponible en: https://www.inab.gob.gt/images/memoria_de_labores/Memoria%20de%20Labor%202019.pdf

INAB, CONAP, MAGA, MARN, UVG y URL. 2019. Cobertura forestal de Guatemala 2016 y dinámica de cobertura forestal 2010-2016. Guatemala.

- INAB. 2017. Informe del Protocolo Metodológico para Línea Base de Aumentos de Stock de Carbono. Guatemala. 30 p.
- INAB-CONAP. 2015. Mapa Forestal por Tipo y Subtipo de Bosque, 2012. GUATEMALA. Informe Técnico. 26 p.
- INAB. 2012. Dinámica de Crecimiento y Productividad de 28 especies en Plantaciones Forestales de Guatemala. Obtenido de <http://www.inab.gob.gt/Documentos/Investigacion/PPM/Din%C3%A1mica%20de%20Crecimiento%20y%20Productividad%20de%2028%20Especies%20en%20Plantaciones-VF.pdf>
- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (H. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K.Tanabe, Eds.; IGES, Japón). <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>
- MARN y MINECO. 2018. Estrategia Nacional de Desarrollo con Bajas Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Disponible en: http://acrguatemala.com/wp-content/uploads/2019/01/Guatemala-Estrategia-de-Desarrollo-con-Bajas-Emisiones-2018-FINAL_v2-002.pdf
- MARN, 2015. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático Guatemala. Guatemala. 224p.
- MARN, SGCCC, & PNUD. (2021). Tercera comunicación nacional sobre cambio climático de Guatemala. Editorial Universitaria UVG. https://www.marn.gob.gt/paginas/Direccin_de_Cambio_Climtico
- MARN, 2021b. Estrategia Nacional REDD+ Guatemala (2020-2050) (ENREDD+): Bosque, Gente y Futuro. Guatemala. 382p.
- Sandker, M., Carrillo, O., Leng, C., Lee, D., d'Annunzio, R., & Fox, J. (2021). The Importance of High–Quality Data for REDD+ Monitoring and Reporting. *Forests*, 12(1), 99.

Reyes, G. 1992. Wood densities of tropical tree species (Vol. 88). US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

VCS Verified Carbon Standard. (2013). Requerimientos REDD+ Jurisdiccional y Anidado (JNR). Documentos de Requerimientos. Disponible en: https://verra.org/wp-content/uploads/2018/03/JNR_Requirements_3.1_SP.pdf

