



ESTRATEGIA REDD+ GUATEMALA

Bosque | Gente | Futuro

DOCUMENTO TÉCNICO: NIVEL DE REFERENCIA SUBNACIONAL DE EMISIONES Y ABSORCIONES FORESTALES (NREF/NRF) PARA REDD+

CONSOLIDACIÓN ESTRATEGIA NACIONAL REDD+ DE GUATEMALA

GUATEMALA

FASE II DE LA PREPARACIÓN DE LA ESTRATEGIA NACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES POR
DEFORESTACIÓN EVITADA Y DEGRADACIÓN DE BOSQUES EN GUATEMALA

*Documento técnico preparado con base a lo reportado por Guatemala en el marco del Programa Nacional de
Reducción de Emisiones de CO_{2e} (ERPD) ante el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF)*

1 TABLA DE CONTENIDO

2 INTRODUCCIÓN	5
3 PERIODO DE REFERENCIA	6
4 DEFINICIÓN DE BOSQUE UTILIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES DE GUATEMALA	6
4.1 CLASIFICACIÓN DE TIERRAS FORESTALES Y OTROS USOS	7
5 EMISIONES HISTÓRICAS MEDIAS ANUALES PARA EL PERIODO DE REFERENCIA.	10
5.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO PARA CALCULAR EL PROMEDIO ANUAL DE LAS EMISIONES HISTÓRICAS DEL PERIODO DE REFERENCIA.	10
5.2 DATOS DE ACTIVIDAD Y FACTORES DE EMISIÓN UTILIZADOS PARA CALCULAR EL PROMEDIO HISTÓRICO ANUAL DE EMISIONES PARA EL PERIODO DE REFERENCIA	12
5.2.1 DATOS DE ACTIVIDAD	12
5.2.2 MUESTREO ESTADÍSTICO DE PUNTOS DE INTERPRETACIÓN VISUAL PARA ESTIMAR LA COBERTURA Y CAMBIO DE USO	13
5.3 FACTORES DE EMISIÓN Y FACTORES DE ABSORCIÓN	23
5.3.1 FACTORES DE EMISIÓN PARA DEFORESTACIÓN.	23
5.3.2 CONTENIDO DE CARBONO ANTES DE LA DEFORESTACIÓN Y MAPA DE ESTRATOS DE CARBONO.	23
5.3.3 CONTENIDO DE CARBONO POSTERIOR A LA DEFORESTACIÓN.	28
5.3.4 FACTORES DE EMISIÓN PARA DEGRADACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS	30
5.3.5 FACTORES DE ABSORCIÓN PARA INCREMENTOS EN ACERVOS DE CARBONO	30
6 ESTIMACIÓN DEL PROMEDIO ANUAL HISTÓRICO DE EMISIONES EN EL PERIODO DE REFERENCIA (2006 – 2016)	36
6.1 NIVEL DE REFERENCIA SUBNACIONAL DE EMISIONES FORESTALES POR DEFORESTACIÓN	36
6.2 NIVEL DE REFERENCIA SUBNACIONAL POR DEGRADACIÓN	37
6.3 NIVEL DE REFERENCIA SUBNACIONAL DE AUMENTOS DE EXISTENCIAS	38
6.3.1 ÁREAS DEGRADADAS QUE SE RESTAURAN.	38
6.3.2 PLANTACIONES FORESTALES	38

7 AJUSTES SOBRE LAS EMISIONES DE DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN PARA EL PERIODO DE REFERENCIA (SI APLICA)	39
8 NIVEL DE REFERENCIA SUBNACIONAL ESTIMADO	40
9 RELACIÓN ENTRE EL NIVEL DE REFERENCIA DESARROLLADO Y LOS INVENTARIOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL PAÍS REPORTADOS A LA CMNUCC	41
10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

Lista de tablas

Tabla 1. Categorías de tierras (IPCC, 2006), clases y subclases nacionales que de manera jerárquica que se usaron para identificar la dinámica en la cobertura de bosque y uso de la tierra.	10
Tabla 2. Relación entre el uso de la tierra y lo cobertura por los principales elementos encontrados en la parcela.	17
Tabla 3. Tipos de cambio que se etiquetan bajo las directrices del IPCC.	19
Tabla 4. Principales resultados respecto a las áreas forestales y sus dinámicas de actividades.	21
Tabla 5. Resumen de los datos de actividad para deforestación, degradación y aumentos de reservas de carbono.	23
Tabla 6. Número de parcelas por tamaño de parcela (Fuente: Gómez Xutuc, 2017).	24
Tabla 7. Ecuaciones alométricas utilizadas.	24
Tabla 8. Ecuaciones utilizadas para la estimación de biomasa por debajo del suelo.	25
Tabla 9. Agrupos formados a partir del análisis de k muestras (Kruskal-Wallis).	26
Tabla 10. Agrupación de las muestras en diferentes estratos.	26
Tabla 11. Estratos asignados a los horizontes con valores insuficientes.	26
Tabla 12. Valores de Carbono obtenidos para cada estrato.	28
Tabla 13. Carbono en la biomasa posterior a la conversión por deforestación.	29
Tabla 14. Criterios utilizados para clasificar las parcelas con degradación.	30
Tabla 15. IMA para cada tipo de plantaciones forestales.	31
Tabla 16. Densidad de la madera de acuerdo con los diferentes tipos de plantaciones.	31
Tabla 17. Factores de expansión, relación biomasa aérea subterránea y fracción de carbono para plantaciones forestales.	32
Tabla 18. Factores de remoción para plantaciones forestales.	32

Tabla 19. Factores de emisión de bosques y otros usos de la tierra.	34
Tabla 20. Factores de emisión por degradación.....	35
Tabla 21. Factores de remoción o absorción de plantaciones forestales.	36
Tabla 22. Resumen de las emisiones por deforestación y degradación en el periodo 2006-2016 en el área del programa de reducción de emisiones.	38
Tabla 23. Incremento en tierras forestales degradadas que se recuperan	38
Tabla 24. Aumento de existencias en superficie y acervos de C y CO2 por año en periodo del NREF.....	39
Tabla 25. Nivel de Referencia de Emisiones Forestales.....	40

Lista de Figuras

Figura 1. Malla de puntos de muestreo en el área de programa	14
Figura 2. Unidad de muestreo para la interpretación visual de categorías de la tierra y su dinámica.	15
Figura 3. Visualización multitemporal de las imágenes con Collect Earth.	16
Figura 4. Determinación 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.	17
Figura 5. Comprobación del área mínima DE ACUERDO CON la definición de bosque.....	18
Figura 6. Variables colectadas para caracterizar el cambio de uso de la tierra en Collect Earth.	19
Figura 7. Comparación de la mediana, media ponderada y estimación Monte Carlo (tC/ha) por estrato (Gómez 2017).....	27
Figura 8. Mapa de estratos de carbono (T/ha) (GIMBUT 2017).	28

2 INTRODUCCIÓN

El párrafo 71 de la decisión 1/CP.16 de la CMNUCC indica que los países participando en actividades de REDD+ deben desarrollar niveles de referencias de emisiones forestales y/o niveles de referencia forestales (NREF/NRF, o FREL/FRL en inglés) (CMNUCC, 2010). Se utilizan los NREF/NRF como base para evaluar si los programas REDD+ nacionales o subnacionales de verdad reducen emisiones y/o aumentan remociones de GEI debidas a las actividades de REDD+. Construir un NREF/NRF es uno de los requisitos para que países puedan recibir pagos por sus actividades de REDD+.

El nivel de referencia subnacional de emisiones y absorciones forestales (NREF/NRF) realizado para Guatemala corresponde a un periodo de referencia 2006 – 2016 y forma parte del Programa para la Reducción de Emisiones Forestales (ERPD), esta actividad se realizó en estrecha coordinación entre el GCI técnico, el GIMBUT, con la cooperación técnica del Banco Mundial y el Consorcio de la Consolidación de la ENREDD+ de Guatemala. El principal objetivo fue contabilizar las emisiones de CO_{2e} causadas por la deforestación, la degradación forestal y las absorciones de CO_{2e} ocasionadas por el aumento de stock de carbono forestal.

En este documento se presentan todos los aspectos técnicos, metodológicos, e insumos utilizados para estimar el NREF/NRF subnacional de Guatemala. El documento contiene nueve secciones que inician desde el periodo de referencia, las definiciones claves consensuadas y utilizadas para la construcción del NREF/NRF, el método para contabilizar emisiones históricas anuales para el periodo de análisis, la estimación del promedio anual histórico de emisiones y absorciones de CO_{2e} entre el 2006-2016, los ajustes sobre las emisiones de deforestación y degradación junto con el nivel de referencia estimado; finalmente se presenta la relación entre el nivel de referencia estimado en este estudio versus los reportes del país en los diferentes inventarios de gases de efecto invernadero.

El presente NREF/NRF subnacional sigue las directrices establecidas en la decisión 12/CP.17 Sección II y su Anexo, así como con las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático del 2006 (IPCC, 2006), además las orientaciones sobre el marco metodológico del Fondo del Carbono del (FCPF) para la estimación de un NREF/NRF.

3 PERIODO DE REFERENCIA

El NREF/NRF se basa en las emisiones de GEI a nivel subnacional en el área del programa de reducción de emisiones en el periodo histórico de 2006 a 2016 contabilizando el CO₂e, por emisiones en deforestación y degradación, y remociones de CO₂ por el incremento de acervos de carbono. Este periodo tiene como año final el 2016 en cumplimiento al criterio 11 del marco metodológico, y abarca un periodo histórico de 10 años contabilizando las emisiones y absorciones GEI a partir del 2007¹.

La información de datos de actividad sobre cobertura y dinámica es generada con un muestreo basado en una malla distribuida de forma sistemática para todo el país en un análisis multitemporal en el periodo de tiempo 2006 - 2016 a partir de imágenes de satélite de mediana y alta resolución.

En la malla nacional y en el área del programa, en el período histórico del NREF se determina el cambio de uso por pérdida de tierras forestales, la degradación debido a la pérdida de cobertura forestal en áreas que se mantienen como tierras forestales y el incremento en el área con plantaciones forestales comerciales en tierras que anteriormente no eran forestales, según las definiciones nacionales que se describen en la siguiente sección.

4 DEFINICIÓN DE BOSQUE UTILIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES DE GUATEMALA

De acuerdo con la definición nacional, el bosque es la superficie continua con cubierta dominante de árboles² con una cobertura de copa mínima del 30%, formando una masa de un mínimo de 0.5 hectáreas y ancho mínimo de 60 metros (GIMBUT 2018b). Los bosques y los otros usos de la tierra se definen a continuación en la representación coherente de la tierra con sus criterios de clasificación, para proporcionar mayor claridad en la cuantificación del NREF, así como en la caracterización de los procesos de dinámica de tierras forestales que se identifican de las actividades REDD+ en el NREF.

La definición de bosque utilizada difiere de la utilizada en el FRA 2015, la cual es la siguiente: *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 m 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. El término también excluye los árboles que crecen en parques y jardines urbanos.*

Por otro lado, en el INGEI presentado en la 2da Comunicación Nacional no se incluye una definición de bosque, así como tampoco en el insumo que se utiliza para detectar la deforestación, sin embargo, se puede asumir que operativamente debe ser similar debido a las clases de bosque se identifican, así como a los otros usos que se reportan.

¹ El periodo comprende 10 años ya que la cobertura inicial de bosque se identifica en el año 2006 y se identifican cambios que implican emisiones hasta el año posterior.

² árbol: planta leñosa con fuste y copa definida con crecimiento secundario que en su estado de madurez alcanza una altura mínima de 5 metros y un diámetro mínimo 10 cm.

Si bien podría haber diferencias en las definiciones, operativamente se ha mantenido constante la definición, ya que las clases y cifras reportadas en cuanto a la cantidad de bosque, tanto en el FRA como en la Comunicación Nacional son similares, y las diferencias pueden ser atribuidas al uso de diferentes insumos y metodologías, más que a una diferencia en la definición; además la definición presentada en el presente documento, será utilizada en los próximos reportes oficiales hacia la CMNUCC.

4.1 CLASIFICACIÓN DE TIERRAS FORESTALES Y OTROS USOS

Para la clasificación de tierras en el NREF/NRF se utilizan las directrices del IPCC (2006) y sus definiciones y clasificaciones de tierras; en este sentido se tiene la categoría de Tierras Forestales que incluye toda la tierra con vegetación boscosa con los umbrales de bosque arriba mencionados. También incluye los sistemas con una estructura de vegetación que actualmente se encuentra por debajo de los umbrales, pero que potencialmente podría alcanzar *in situ* los valores utilizados para el país en la definición de la categoría de tierras forestales.

La clasificación de las tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, asentamientos, humedales y otras tierras (IPCC 2006) en el NREF se actualizó y consolidó tomando como base en la experiencia en la generación de mapas de cobertura forestal y uso de la tierra de 2001-2010 y su dinámica, así como el mapa de alta resolución de Bosque y Uso de la Tierra 2012 (GIMBUT, 2014). El sistema de clasificación en el primer nivel jerárquico toma como referencia general las directrices del IPCC (2006) y para las clases y subclases de bosques y otras tierras diferentes a bosque, se utiliza la clasificación CORINE land cover, adaptada a las condiciones de los bosques de Guatemala. Desde hace más de una década a la fecha se ha llevado a cabo y de forma paulatina una estandarización en las clases de cobertura y uso de la tierra para poder ser comparativa en la generación de cartografía con distintos insumos de resolución cartográfica (ej. Landsat y Rapid Eye).

La clasificación que aquí se define está anidada jerárquicamente en tres niveles y tiene una mayor resolución conceptual que mapas anteriormente generados para inventarios GEI, lo cual permite describir mejor la cobertura y dinámica de las tierras forestales para el país (GIMBUT, 2018a). Esta clasificación permite identificar elementos de bosque de manera más específica, y explotar el potencial de insumos que se obtienen con el uso de datos de sensores remotos y de inventarios forestales, para poder caracterizar de lo general a lo particular las clases de cobertura que compone la cobertura forestal y los usos de otras tierras (ej. Bosque de coníferas, manglar, bosque seco, etc.).

Las categorías de tierras se describen como:

a) Tierras Forestales: Se componen de las tierras que tienen las características y umbrales de la definición de bosque para el NREF. Estos son los bosques (clase) originados por regeneración natural y se conforman de bosques de coníferas, latifoliados, el manglar, bosque seco y el bosque mixto (subclases). Como tierra forestal y bosques, también se encuentra incluidas las plantaciones forestales (clase) de coníferas y latifoliadas (subclase) que se componen de especies maderables con una estructura homogénea (edad y distribución espacial), originados y mantenidos por intervención humana (manejo). En las plantaciones, las coníferas más frecuentemente establecidas son los pinos (*Pinus spp.*), ciprés (*Cupressus spp.*), pinabete (*Abies spp.*) entre otras. Y para latifoliados la caoba (*Swietenia spp.*), cedro (*Cedrela spp.*), palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* y *Cybistax donnell-smithii*), melina (*Gmelina arborea*), matilisguate (*Tabebuia rosea*), teca (*Tectona grandis*), eucalipto (*Eucalyptus spp.*) y otros.

b) Tierras de cultivo: Comprende las tierras cultivadas de forma anual o permanente (clases), incluidos los campos de cultivos de no mayor a un año, como la caña, arroz, granos básicos y hortalizas (subclases), y cultivos de plantas perenes y de sistemas agroforestales (clase). En estas últimas categorías, se incluyen cultivos permanentes de 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 son principalmente de hule (*Hevea brasiliensis*), café y palma de aceite africana (*Elaeis guineensis*), y de plantas no leñosas como el plátano (subclases) (ANACAFE 2018). 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 (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). Adicionalmente, también son consideradas tierras de cultivo las zonas donde recientemente se han hecho prácticas agrícolas y se encuentran en barbecho o descanso (clase) con vegetación por debajo de los umbrales de bosque.

c) Pastizales (y matorrales): Esta categoría se compone de las tierras de pastoreo y los pastizales naturales que no se consideran tierras de cultivo u otras tierras. Incluye sistemas con vegetación boscosa dispersa y otra vegetación no arbórea, como las hierbas y la maleza que están por debajo de los valores umbrales utilizados en la categoría de tierras forestales. La categoría considera a los pastos zonas vinculadas a la explotación ganadera, ya sean pastos naturales o cultivados. Al igual que los sistemas agrosilvopastoriles (clase) que combinan 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). En esta categoría, para las tierras con vegetación que no se clasifican como bosque, se encuentran zonas con árboles dispersos (en una superficie continua menor a 0.5 hectáreas), vegetación arbustiva natural y matorrales o guamiles, compuestos principalmente por especies leñosas menores (troncos delgados y de baja altura) por debajo de los umbrales de bosque, y la vegetación de los páramos que se encuentran a gran altitud en zonas montañosas dominados por plantas herbáceas.

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. 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 para sustentar población, incluida la infraestructura de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño, a menos que ya estén incluidos en otras categorías. 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. 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. 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 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
Pastizales	Sistemas agroforestales	Otros
	Barbecho o en descanso	
Humedales y cuerpos de agua	Pastos	
Asentamientos	Sistemas silvopastoriles	
Otras tierras	Árboles dispersos	
Otras tierras	Vegetación arbustiva natural	
Otras tierras	Matorral y /o guamil	
Otras tierras	Lago, laguna o laguneta	
Otras tierras	Río	
Otras tierras	Mar y/o océano	
Otras tierras	Humedal	
Otras tierras	Embalse	
Otras tierras	Tejido Urbano Continuo	
Otras tierras	Zonas urbanizadas discontinuas	
Otras tierras	Suelo desnudo	
Otras tierras	No suelos	Playas y playones
		Coladas de lava
		Arena y ceniza volcánica
		Canteras

		Afloramientos rocosos
		Rocas
	Páramos	

TABLA 1. CATEGORÍAS DE TIERRAS (IPCC, 2006), CLASES Y SUBCLASES NACIONALES QUE DE MANERA JERÁRQUICA QUE SE USARON PARA IDENTIFICAR LA DINÁMICA EN LA COBERTURA DE BOSQUE Y USO DE LA TIERRA.

5 EMISIONES HISTÓRICAS MEDIAS ANUALES PARA EL PERIODO DE REFERENCIA.

5.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO PARA CALCULAR EL PROMEDIO ANUAL DE LAS EMISIONES HISTÓRICAS DEL PERIODO DE REFERENCIA.

Considerando las categorías de tierras anteriormente descritas. Se estiman las emisiones y aumentos de reservas forestales de carbono, para el período comprendido entre 2006 y 2016 y se dividen las emisiones y absorciones entre el número de años comprendido en ese período (10 años). Asumiendo que las emisiones y absorciones son similares a lo largo del tiempo.

Las estimaciones históricas de emisiones y sumideros de CO₂ del NREF, se desarrolla con el enfoque de único uso de la tierra, en las tres actividades REDD+ de deforestación, degradación e incrementos de reservas forestales de carbono (IPCC, 2006). Las emisiones y absorciones de CO₂, fueron obtenidas a partir de la multiplicación del dato de actividad -el área convertida de tierras forestales a otras tierras para deforestación, las tierras forestales que permanecen como tierras forestales que pierden cobertura por degradación y las otras tierras que se convierten a plantaciones forestales para el incrementos de acervos de carbono- por los factores de emisión y absorción, y su diferencia de reservorios de carbonos antes y después de la conversión (Ecuación 1).

Ec.1:

$$\text{NREF}_{(\text{Def}+\text{Deg})-(\text{Incr})} = \text{DA} \times \text{FE/FA}$$

Donde,

$\text{NREF}_{(\text{Def},\text{Deg},\text{Incr})}$ = 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 que permanecen como tierras forestales (Degradación) y otras tierras que se transforman en tierras forestales (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 en la construcción de los NREF corresponde en su mayoría a datos de país y contruidos específicamente para el programa de RE (Nivel 2). Los datos de actividad se hicieron con un método espacialmente explícito mediante una malla de muestreo que cuantifica la superficie de las categorías de tierras y los cambios en tierras forestales mediante la interpretación visual en imágenes de satélite. Esta se integró con la información nacional de bosques, obtenida de parcelas distribuidas en todo el país, donde se cuantificaron las existencias de carbono representadas en un mapa de estratos de carbono para obtener los Factores de Emisión (FE). De la misma manera, se utilizaron los resultados de la medición a largo plazo de parcelas permanentes distribuidas en el país, donde se cuantifica el crecimiento de las existencias de carbono para obtener los Factores de Absorción (FA), para la estimación de incrementos de acervos de carbono.

El método del sector USCUS para la estimación es el de cambios en las existencias anuales de carbono de un depósito dado, en función de la diferencia de almacenes de carbono antes y después de la conversión, que incluye los cambios anuales en las existencias e incrementos de carbono en la biomasa aérea y subterránea, que es representada por la ecuación 2.15 de las directrices del IPCC y adecuada para los Niveles de Referencia de Emisiones Forestales para Guatemala, en la Ecuación 2.

Ec 2:

$$\Delta C_B = \Delta C_{GL,t} + \Delta C_{CONVERSION\ i,t} - \Delta C_L$$

Donde:

ΔC_B = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa debidas en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra y a áreas de tierras forestales que permanecen como tal, en el periodo de referencia.

$\Delta C_{GL,t-incr}$ = incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debidas a la biomasa contenida en otros usos de la tierra i después de la conversión y a las absorciones de carbono, que permanecen como tal, después de la conversión, durante el periodo de referencia, expresada en t C (Incremento de reservas forestales);

$\Delta C_{CONVERSION\ i,t-Def,Deg}$ = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa debidas a la conversión tierras forestales tipo i a otros usos de la tierra tipo i (Deforestación) y tierras forestales que permanecen como tierras forestales modalidad de degradación (pérdida de cobertura forestal) en el periodo de referencia, en t C;

$\Delta C_{Li,t}$ = Reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debido la remoción de biomasa, madera-combustible y otras perturbaciones que ocurren antes de un evento de deforestación, durante el periodo de referencia, en t C.

Guatemala no considera la pérdida anual de biomasa por remoción de bosques (cosecha), la recolección de madera combustible y otras pérdidas producidas por perturbaciones, tormentas e insectos y enfermedades forestales. Por lo tanto, es necesario considerar la variable $\Delta C_{Li,t}$ de la Ecuación 2, como cero, dado que no hay suficientes datos para contabilizar las perdidas en las existencias de carbono de la biomasa debido a la remoción de biomasa, madera-combustible y otras perturbaciones que ocurren.

Las estimaciones de cada actividad se realizan por separado con supuestos particulares en función de la información disponible, y sus métodos de obtención de los datos de actividad y sus factores de factores de emisión y absorción. Los insumos usados y los métodos específicos de estimación para cada actividad se describen en los siguientes apartados.

5.2 DATOS DE ACTIVIDAD Y FACTORES DE EMISIÓN UTILIZADOS PARA CALCULAR EL PROMEDIO HISTÓRICO ANUAL DE EMISIONES PARA EL PERIODO DE REFERENCIA

5.2.1 DATOS DE ACTIVIDAD

Se realizó la estimación de datos de actividad en el sector forestal usando un método espacialmente explícito, que consiste en un muestreo estadístico de evaluación multitemporal de cobertura y cambio de uso de la tierra que se determina a partir de imágenes satelitales de alta y mediana resolución, por el tiempo que comprende el periodo del NREF (2006 a 2016). Este método se encuentra como una opción de aplicación en la guía actualizada del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2006) y en el Marco Metodológico del Fondo Cooperativo para el Carbono Forestal (FCPF 2013). Por su carácter multitemporal y espacialmente explícito también se considera útil para proporcionar información sobre los procesos que causan deforestación y degradación e incluirlas en la planificación de las actividades de mitigación.

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 contribuciones por tipo de bosque. También permite el monitoreo a través de los puntos usando el estimador y su incertidumbre asociada. Como parte de una mejora de los datos de actividad, actualmente se está desarrollando el modelo cartográfico a nivel nacional de cobertura y cambio de uso de suelo actualizado hasta 2016, que se usará de manera complementaria los datos del muestreo estadístico, para su generación y validación. De esta manera se pretende armonizarlo con el enfoque histórico del país para la dinámica forestal que se ha basado en calcular los datos de actividad para el Sector USCUS generados mapas de cobertura y su dinámica con modelos cartográficos con clasificaciones automáticas supervisadas (GIMBOT 2014).

Para el diseño de la malla de muestreo y colecta de datos de actividad se utilizó la plataforma de código abierto de Open Foris, que sirve como apoyo para el monitoreo de la cobertura y cambio de uso del suelo en los bosques. La plataforma se usó en el módulo de Collect Earth que es una interfase de Google Earth y formatos HTML para la colecta de datos geográficos, 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). Este módulo fue auspiciado por la FAO-UN REDD en el proyecto de Sistemas Nacionales de Monitoreo y Sistemas de Información con el fin de promover procesos transparentes y confiables en el proceso de construcción del programa REDD+.

Collect Earth es un sistema de interpretación visual de imágenes de satélite en series multitemporales de resolución media y alta, que sincroniza las plataformas de colecciones de sensores remotos de Microsoft's

Bing Maps, Google earth y Google Engine en cada punto y/o área referida geográficamente de interés, para el muestreo sistemático, colecta de datos de entrenamiento, sistematización de datos tabulares, análisis estadístico, construcción de modelos cartográficos y su validación, mediante componentes de código abierto que lo conforman, como Saiku Server (servidor de bases de datos, análisis de datos web que prepara los insumos para el reporte de LULUCF) y Quantum Gis (organización, procesamiento y análisis de datos espaciales). La arquitectura de Collect Earth guarda los datos en SQLite y PostgreSQL lo cual permite configurar la colecta de datos en tiempo real por múltiples usuarios, esto facilita la revisión de un administrador con tareas de control de calidad y sistematización de datos (FAO 2015).

5.2.2 MUESTREO ESTADÍSTICO DE PUNTOS DE INTERPRETACIÓN VISUAL PARA ESTIMAR LA COBERTURA Y CAMBIO DE USO

5.2.2.1 DISEÑO DE LA MALLA Y UNIDAD DE MUESTREO EN EL TERRITORIO NACIONAL

Para análisis histórico del NREF se hizo una NREF que cubre la totalidad del país y se estableció de manera aleatoria una parcela dentro de cada cuadrante, resultando en una malla de 11,369 puntos como muestra a nivel nacional de estos 10,414 corresponden para el área del programa de reducción de emisiones (Figura 1). El muestreo aleatorio estratificado se hizo sobre la base de un diseño intensificado del Inventario Forestal Nacional de parcelas para su evaluación con sensores remotos de mediana y alta resolución para determinar la cobertura forestal y cambio de uso de suelo (ONU-REDD, 2018). Esta malla de puntos se complementará con 715 parcelas de inventario forestal donde se medirán directamente los reservorios de carbono en los ecosistemas forestales y su dinámica cada 5 años (GIMBUT, 2018a).

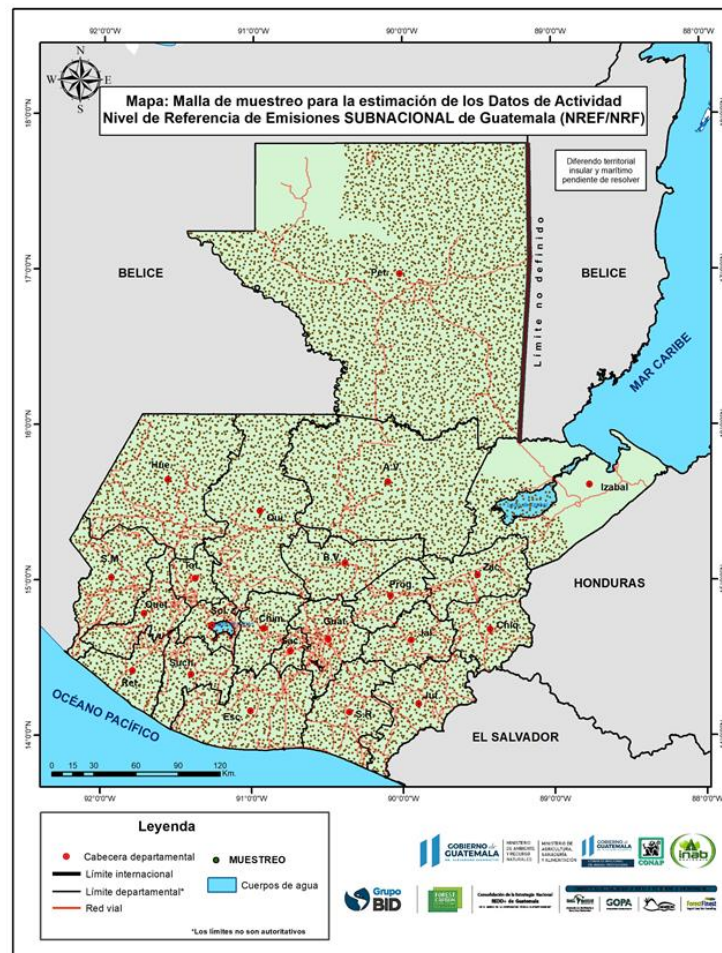


FIGURA 1. MALLA DE PUNTOS DE MUESTREO EN EL ÁREA DE PROGRAMA

El objetivo de la malla intensificada de muestreo es tener un sistema integral de monitoreo de bosques y otros usos de la tierra que permita dar consistencia a la información que será base en análisis y reportes del sector forestal.

Ya definidos los puntos de muestreo se colectaron los datos con la Herramienta Collect Earth, en parcelas con una superficie equivalente a 1 ha (3 x 3 Píxeles de Landsat) y con una rejilla interna con 25 puntos (5 x 5) a una distancia de 20 metros para realizar evaluación visual multitemporal de la cobertura y su dinámica (Figura 2).



FIGURA 2. UNIDAD DE MUESTREO PARA LA INTERPRETACIÓN VISUAL DE CATEGORÍAS DE LA TIERRA Y SU DINÁMICA.

5.2.2.2 MÉTODO DE INTERPRETACIÓN VISUAL PARA LA COBERTURA Y CAMBIO DE USO DE SUELO

La interpretación visual se hace sobre las parcelas de la malla de muestreo con un formulario diseñado y programado en la herramienta Collect Earth que también 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, e ingresa los datos de interpretación para cada punto. 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).

El análisis se realizó en el visualizador de Collect Earth durante el periodo 2006 a 2016 para cada parcela, revisando si ocurrían cambios de uso en las tierras forestales o disminución o incremento de la cobertura forestal en los bosques (Bosque que perdieron o ganaron cobertura) en el caso de la degradación o restauración de áreas degradadas. En cada parcela, si se detecta un cambio, se indica el año en que ocurrió el cambio, de manera que se puedan identificar la deforestación e incrementos en el periodo 2006-2016. Para la asignación de la interpretación del uso anterior en el año inicial del periodo se visualizaron imágenes Landsat 5 y 7 (RGB= 4,5 y 3); de la misma manera para la asignación del uso actual se utilizaron las imágenes de alta resolución de Google Earth y la colección de imágenes Landsat 8 (RGB, 5,6 y 4) (Figura 4).

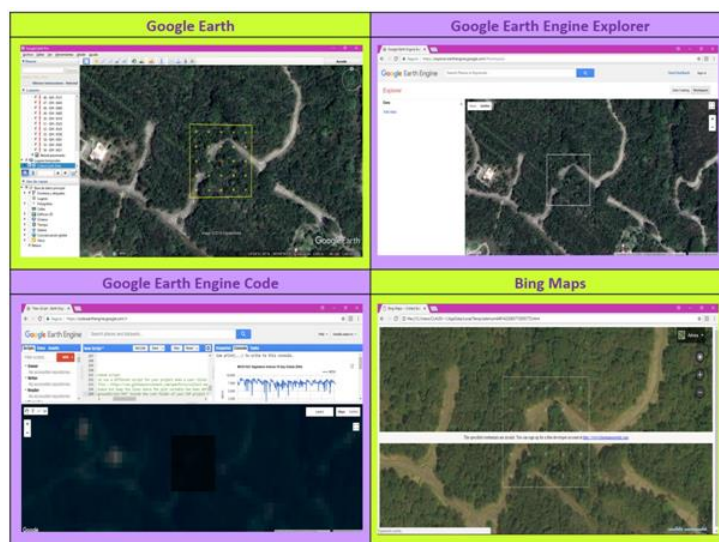


FIGURA 3. VISUALIZACIÓN MULTITEMPORAL DE LAS IMÁGENES CON COLLECT EARTH.

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 los mapas temáticos siguientes: la cobertura y uso de la tierra del año 2003 y 2010, bosques y uso de la tierra 2012, dinámica de cobertura forestal 2001-2010, unidades de manejo forestal, zonas de vida de Guatemala, Clima (Thornthwaite), fisiografía, límites municipales y departamentales y ocupación de suelos.

Para realizar en análisis de degradación o restauración de áreas forestales degradadas se utilizaron los insumos de hojas cartográficas y orto fotos del año 2006 por medio de un servicio WMS visualizado en un Sistema de Información Geográfica (S.I.G) de escritorio, que está disponible en el portal web de la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (<http://ide.segeplan.gob.gt/geoportal/servicios.html>)

Las variables colectadas para la interpretación de la categoría y cambio de uso en cada parcela fueron:

1. Elementos: Componentes naturales y antrópicos que constituyen la cubierta biofísica que se puede observar sobre la superficie de la tierra para la interpretación, que son los árboles, palmeras, arbustos, pastos, suelo desnudo, cultivo, agua e infraestructura. 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 4. Para el análisis de la degradación en tierras forestales que permanecen como tierras forestales 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.

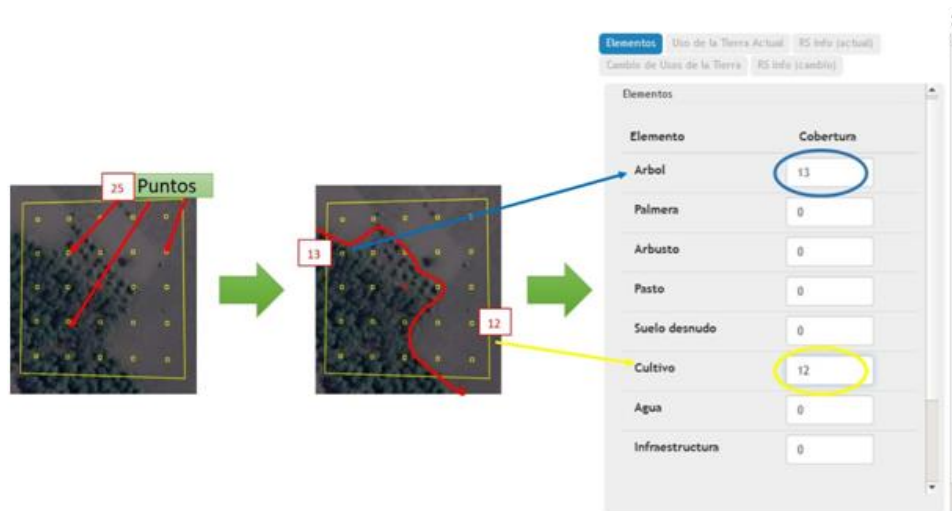


FIGURA 4. DETERMINACIÓN DE LA DOMINANCIA DE LOS ELEMENTOS EN UNA PARCELA DE LA MALLA DE MUESTREO EN UNA TIERRA DE CULTIVO QUE CAMBIA A TIERRA FORESTAL USANDO IMÁGENES DE ALTA RESOLUCIÓN.

Operativamente los umbrales de la definición de bosque se implementan a través de una serie de criterios para determinar el uso de la tierra al momento de hacer la interpretación visual de las parcelas con la herramienta de muestreo utilizada

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

Establecer la cobertura mayoritaria: cada uno de los elementos está asociado a alguna de las categorías de uso nivel 1 (categorías del IPCC), mediante el primer formulario se identifica qué categoría de elementos ocupa el mayor número de puntos en la parcela. Un ejemplo de la relación entre el uso y los elementos se presenta en la Tabla 2. Sin embargo, esta relación no es terminante.

Categoría de uso	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

TABLA 2. RELACIÓN ENTRE EL USO DE LA TIERRA Y LO COBERTURA POR LOS PRINCIPALES ELEMENTOS ENCONTRADOS EN LA PARCELA.

Interpretar el entorno de los elementos: se visualiza el entorno inmediato de la parcela para comprobar si cumple con la definición del uso de la tierra que se le está asignando. De no ser así, se evalúa el siguiente elemento mayoritario.

Por ejemplo, una de las características de “bosque” (subcategoría nivel 2) es ser una masa continua de un mínimo de 0.5 hectáreas. Esto se puede evaluar con la herramienta “Regla” de Google Earth, como se observa en la Figura 5.

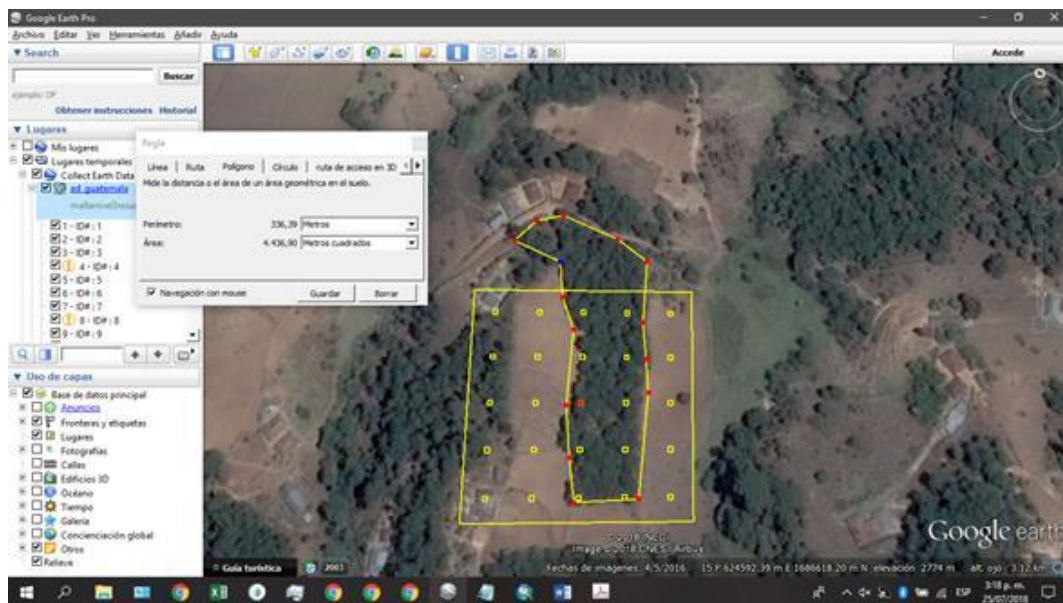


FIGURA 5. COMPROBACIÓN DEL ÁREA MÍNIMA DE ACUERDO CON LA DEFINICIÓN DE BOSQUE

Al final se determina el uso de la tierra único examinan las características secundarias de los elementos para seleccionar la clasificación del nivel 2 y 3 más apropiada y se ingresa la información al formulario, indicando si la interpretación es confiable.

2. Uso de la Tierra actual e información del sensor: Se identifica la clase de cobertura y uso actual a 2016 a los tres niveles jerárquicos de clasificación de la tierra, mencionados en la sección 4.1, que se observa en la serie multitemporal y se registra información del sensor con que se realiza el análisis multitemporal de interpretación del uso actual, por lo general se usaba la plataforma con sensores de alta resolución de Google Earth.

3. Cambio de uso de la tierra y sensores usados para la interpretación: Se identifica la fecha en la que ocurre el cambio, tipo de cambio general para las categorías IPCC (Tabla 3), agente (plaga e incendio, en caso de presentarse) y su uso inicial a los tres niveles jerárquicos de clasificación de la tierra, mencionados en la sección 4.1. Para detectar el cambio de uso, se revisa el histórico de las colecciones 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). Para etiquetar o asignar el uso inicial vinculado al cambio, se consulta las mismas colecciones de Landsat 5 y 7 cercanas al año 2006 referida a la parcela. En caso de no registrarse ningún cambio en las permanencias de tierras forestales se realiza el mismo procedimiento.

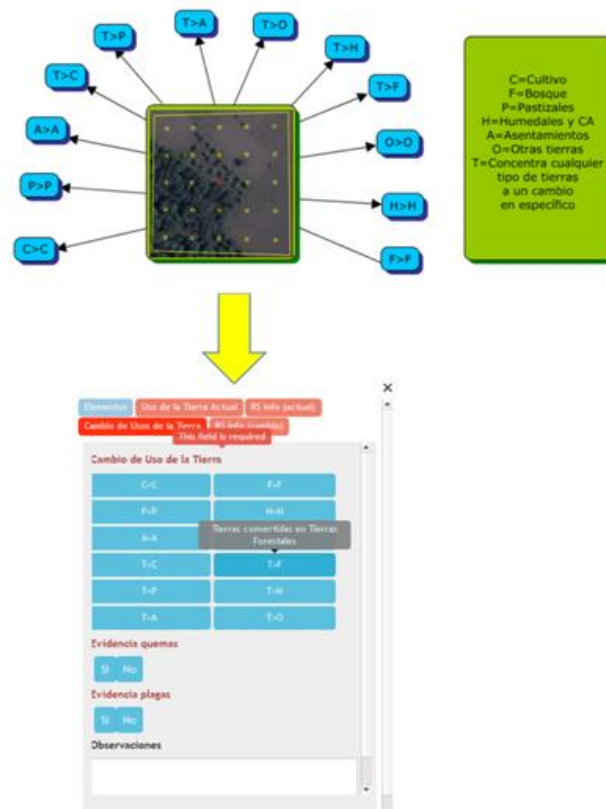


FIGURA 6. VARIABLES COLECTADAS PARA CARACTERIZAR EL CAMBIO DE USO DE LA TIERRA EN COLLECT EARTH.

CLAVE DEL TIPO DE CAMBIO	DESCRIPCIÓN
C>C	Tierra de cultivo permaneciendo como Tierra de cultivo
F>F	Tierra Forestales que permanecen como Tierras Forestales
P>P	Pastizales permaneciendo como Pastizales
H>H	Humedales y Cuerpos de Agua permaneciendo como Humedales y Cuerpos de Agua
A>A	Asentamientos permaneciendo como Asentamientos
O>O	Otras Tierras permaneciendo 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

TABLA 3. TIPOS DE CAMBIO QUE SE ETIQUETAN BAJO LAS DIRECTRICES DEL IPCC.

5.2.2.3 MÉTODO DE INTERPRETACIÓN VISUAL PARA LA DEGRADACIÓN

Para la evaluación de la degradación se realizó el mismo procedimiento, con la diferencia que solo se usan las parcelas clasificadas en la cobertura y uso del suelo como permanencia forestal (F>F) en el periodo de referencia. Se añadió al proceso de interpretación de cambio por degradación, hojas cartográficas y ortofotos del año 2006, como apoyo para detectar las parcelas que presenten reducción de cobertura de los elementos de arbóreos y aumento en los otros elementos de caracterizan los otros usos. Con este procedimiento se obtuvo el porcentaje de cobertura en cada año y la reducción con respecto al año inicial de referencia.

Las variables colectadas se sistematizan automáticamente para cada parcela visualmente interpretada en la plataforma de Collect Earth, con sus variables principales de tipo de cambio, año del cambio, pérdida de cobertura (para degradación), uso inicial y actual como se describe en Protocolo para el uso de la plataforma Collect, Collect Earth, aplicado para la actualización de niveles de referencia de emisiones GEI –NREF/NRF- de Guatemala. Se hace un control de calidad revisando la coherencia de los cambios detectados revisando las etiquetas de sus usos iniciales y finales en todos sus niveles jerárquicos de clasificación y de manera adicional se etiqueta con la actividad REDD+ que se relaciona el cambio (deforestación, degradación o incremento).

En la sección de anexos del presente documento se encuentra disponible las bases de datos de la malla utilizada para la estimación de deforestación, así como el protocolo utilizado.

5.2.2.4 ACTIVIDADES REDD+ Y ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE LA COBERTURA Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA.

Para el análisis de las parcelas de los datos de actividad, en cada punto cualquier cambio de uso de las tierras forestales que se conforman de bosques y de plantaciones forestales se considera como **deforestación**. Y cualquier transformación de otras tierras a las subcategorías de plantaciones forestales en tierras forestales es un **incremento en el área de reservas de carbono**. La **degradación** sucede en cualquiera de las subcategorías de tierras forestales que permanecen en tierras forestales, para su estimación se utilizó la contabilización de elementos arbóreos en la parcela de muestreo, se toma el conteo del año base (2006) como el 100% de cobertura y se identifican las parcelas que pierden entre el 30% y el 70% de la cobertura en todo el periodo. El mismo procedimiento se aplicó a de forma inversa para identificar parcelas en tierras forestales que permanecen que recuperaron entre 30 y 70% de la cobertura de arbolado que representan un incremento en las reservas de carbono.

Los resultados del análisis de 10,414 puntos de muestreo, contabiliza el área del programa de reducción de emisiones que es de 9,985,930 ha, para el periodo del NREF de 2006-2016 (10 años). Y obtiene las áreas totales y anuales de las actividades REDD+ incluidas todas las clases de cobertura forestal y uso de la tierra. Estos resultados estiman las áreas a partir de los puntos de muestreo en cada estrato por su clase y tipo de actividad (deforestación, degradación e incremento) y se calcula como se muestra a continuación:

$$A_i = n_i \times (A_{\text{total}}/N)$$

Donde,

A_i = Área en hectáreas por estrato i

n_i = Número de puntos colectados por el estrato i en el periodo de referencia

A_{total} = Área total de Guatemala en ha

N = Número total de puntos

Como estimador de la dispersión de los datos se calculó el error estándar en % para cada estrato (i):

$$Ei = \sqrt{\frac{pi(1 - pi)}{N - 1}}$$

Pi = Proporción de puntos por estrato

$$pi = \frac{ni}{N}$$

Se obtuvo intervalo de confianza de 95%:

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

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

El total de la cobertura forestal calculada para el área del programa en el año 2016 fue de 3,389,692.91ha, con una deforestación total para el periodo de 2006-2016 de 325,065.32 ha con una pérdida anual de 32,506.53 hectáreas. El incremento de tierras forestales por plantaciones forestales es de 28,766.84ha con 2,876.68 ha por año. La degradación se dio a un ritmo de 15,342.32 ha/ año, mientras que la restauración de áreas forestales degradadas ocurrió en 9,684.84 ha/año. Los resultados se sintetizan en la siguiente tabla, y la herramienta metodológica puede ser consultada en la sección de anexos del presente documento.

Actividad	#Puntos de muestreo	Área (ha)	ha/año	IC	Error %	P_i	Error Estándar
Deforestación	339	325,065.32	32,506.53	34,038	10%	0.0326	17,366
Degradación	160	153,423.16	15,342.32	23,591	15%	0.0154	12,036
Aumento de área forestal por plantaciones	30	28,766.84	2,876.68	10,280	36%	0.0029	5,245
Restauración de áreas forestales degradadas	101	96,848.37	9,684.84	18,797	19%	0.0097	9,590.39

TABLA 4. PRINCIPALES RESULTADOS RESPECTO A LAS ÁREAS FORESTALES Y SUS DINÁMICAS DE ACTIVIDADES.

Descripción del parámetro incluyendo el periodo de tiempo cubierto (ej. Cambio en la cubierta vegetal en un periodo, o transiciones entre categorías de bosques en un periodo):	El cambio total y anual de la superficie de la cobertura de las clases y subclases de las tierras forestales (Ver sección 4.1) en un periodo de 10 años de 2006 a 2016 a nivel subnacional en el área del programa de reducción de emisiones. Y el cambio en la superficie de tierras forestales que permanecen como tierras forestales que pierden o ganan entre el 30 y 70% de cobertura forestal en un periodo de 10 años de 2006 a 2016.
---	--

Explicación para cuáles fuentes y sumideros se usó el parámetro (ej. Deforestación, degradación):	<p>Deforestación: Toda la superficie de las clases y subclases de tierras forestales que cambian a otras tierras no forestales.</p> <p>Degradación: Toda la superficie de las clases y subclases de las tierras forestales que permanecen como tierras forestales y que pierden entre 30% y 70% de cobertura forestal.</p> <p>Aumentos de existencias de Carbono: La superficie que pertenece a otras tierras no forestales y se convierte a plantaciones forestales.</p> <p>Restauración de áreas degradadas: Superficie de tierras forestales que permanecen y ganan entre 30% y 70% de cobertura forestal.</p>															
Unidad de medición de los datos:	Ha, ha/año															
Valor para los parámetros:	<table><tr><th>Actividad</th><th>Área total (ha)</th><th>ha/año</th></tr><tr><td>Deforestación</td><td>325,065.32</td><td>32,506.53</td></tr><tr><td>Degradación</td><td>153,423.16</td><td>15,342.32</td></tr><tr><td>Aumento de área forestal por plantaciones</td><td>28,766.84</td><td>2,876.68</td></tr><tr><td>Restauración de áreas forestales degradadas</td><td>96,848.37</td><td>9,684.84</td></tr></table>	Actividad	Área total (ha)	ha/año	Deforestación	325,065.32	32,506.53	Degradación	153,423.16	15,342.32	Aumento de área forestal por plantaciones	28,766.84	2,876.68	Restauración de áreas forestales degradadas	96,848.37	9,684.84
Actividad	Área total (ha)	ha/año														
Deforestación	325,065.32	32,506.53														
Degradación	153,423.16	15,342.32														
Aumento de área forestal por plantaciones	28,766.84	2,876.68														
Restauración de áreas forestales degradadas	96,848.37	9,684.84														
Fuente de los datos (ej. Estadísticas oficiales) o descripción del método para el desarrollo de los datos, incluidos los (pre) métodos de procesamiento de los datos derivados de imágenes de teledetección (incluyendo el tipo de sensores y los detalles de las imágenes utilizadas):	<p>Los datos de actividad para deforestación, degradación y restauración de áreas degradadas y aumentos son resultado de un muestreo de puntos ubicados en una malla nacional sistemática (3.1 X 3.1 km) dentro de cada cuadrante se estableció de forma aleatoria una parcela equivalente a 1ha (3x3 pixeles Landsat) dando un total de 10,414 parcelas dentro del área del programa de reducción de emisiones de donde se evaluaron por interpretación visual las coberturas y cambios en el uso de la tierra, de manera multitemporal en periodo 2006-2016, con imágenes de mediana y alta resolución usando la herramienta Collect Earth. En el análisis se usaron insumos de la colección de sensores Landsat 5, 7 y 8, como colecciones de sensores de alta resolución como ortofotos y otras disponibles en Google Earth.</p>															
Escala espacial:	Datos e información obtenida a escala nacional y regional															
Discusión sobre las incertidumbres clave para este parámetro:	<p>Errores de interpretación de las categorías, tamaño de la muestra para el análisis de la dinámica y calidad de las imágenes disponibles y usadas para la interpretación en el periodo del NREF.</p>															
Estimación de la precisión y/o nivel de confianza. Explicación de los supuestos y métodos de estimación:	<p>La precisión de los datos de se evaluó mediante el error de muestreo expresado como el porcentaje del error, error estándar, intervalos de confianza y error estándar de la proporción de los puntos y su superficie de contabilidad usada para cada dato de actividad del programa de RE. El error estándar por estrato de bosque en cada actividad REDD+ es usado para la propagación del error en la estimación de incertidumbre.</p>															

	Actividad	Error %	Error estándar (Ha) IC _{95%} lim, inf-sup (ha)
	Deforestación	10%	17,366
	Degradación	15%	12,036
	Aumento por plantaciones	36%	5,245
	Restauración de áreas forestales degradadas	19%	9,590.39

TABLA 5. RESUMEN DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD PARA DEFORESTACIÓN, DEGRADACIÓN Y AUMENTOS DE RESERVAS DE CARBONO.

5.3 FACTORES DE EMISIÓN Y FACTORES DE ABSORCIÓN

Para la estimación del NREF se utilizan diferentes factores de emisión (deforestación y degradación) y absorción (incrementos) dependiendo de la actividad REDD+ que se está considerando. Para estimar las emisiones por deforestación, el factor de emisión corresponde al contenido de carbono de los bosques previo a la deforestación (2006), dividido en cuatro estratos a nivel nacional, asignando un valor del contenido de carbono posterior a la deforestación, correspondiente al uso posterior (2016) de las áreas a las que son transformados los bosques.

Respecto a la degradación, se toma como referencia el contenido de carbono de los bosques según su estrato de carbono correspondiente y se asume la pérdida de un porcentaje de carbono igual, al de la pérdida por cobertura del dosel.

Para asignar los factores de remoción o absorción para la actividad de incremento en acervos de carbono, en áreas que se convierten en plantaciones forestales (tierras forestales), se utiliza la información disponible para el país del crecimiento de plantaciones forestales, diferenciado si son plantaciones de coníferas o latifoliadas.

5.3.1 FACTORES DE EMISIÓN PARA DEFORESTACIÓN.

Para estimar las emisiones por deforestación, se utilizan los contenidos de carbono de cuatro estratos forestales a nivel nacional, los cuales son asignados de acuerdo a la ubicación espacial de los puntos de la malla utilizada para estimar los datos de actividad; los valores de carbono y la distribución de estos cuatro estratos por área tipo de área deforestada se obtienen a partir del mapa potencial de estratos de Carbono (Gómez Xutuc, 2017).

5.3.2 CONTENIDO DE CARBONO ANTES DE LA DEFORESTACIÓN Y 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 inventario forestal (contienen más de 203,000 registros de árboles con su diámetro a la altura del pecho)

y tamaños de unidades de muestra que van de los 0.02 ha hasta 1 ha. La información fue levantada en bosques naturales, distribuidos a nivel nacional de 15 fuentes de datos diferentes, incluyendo parcelas permanentes, inventarios forestales, sitios de investigación 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, el resultado de depuración fue de 2,307 parcelas útiles (Tabla 66).

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

TABLA 6. NÚMERO DE PARCELAS POR TAMAÑO DE PARCELA (FUENTE: GÓMEZ XUTUC, 2017).

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 especies³ para los bosques de manglar.

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.)</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	$10^{(-4.09992 + (2.57782 * \log_{10}(DAP)))} * 1000$	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

TABLA 7. ECUACIONES ALOMÉTRICAS UTILIZADAS.

³ Las especies de *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus L.* de acuerdo a la experiencia que se tienen en campo de estas especies, existe gran similitud en cuanto a la fisionomía que presentan, por lo que se utilizó la misma ecuación para el cálculo de biomasa.

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).

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

TABLA 8. ECUACIONES UTILIZADAS PARA LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA POR DEBAJO DEL SUELO.

Con los datos biomasa para cada individuo, se hace la conversión de toneladas de biomasa a carbono, multiplicando por la fracción de 0.47 y se extrapola a 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.

Cada parcela cuenta con los datos de ubicación geográfica, y estas 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 ómbricos⁴, 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 siguiente tabla.

⁴ En el horizonte ómbriico 5b. Seco superior intercepta únicamente una parcela, por lo que se excluyó de los análisis posteriores, ya que estadísticamente un solo dato no es correcto utilizarlo.

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

TABLA 9. AGRUPOS FORMADOS A PARTIR DEL ANÁLISIS DE K MUESTRAS (KRUSKAL-WALLIS).

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 siguiente Tabla:

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. Hiper húmedo inferior			C	IV
8b. Hiper húmedo superior	A	B		I

TABLA 10. AGRUPACIÓN DE LAS MUESTRAS EN DIFERENTES ESTRATOS.

Con estos datos se asignaron los valores a aquellas áreas cuyo horizonte ómblico no tuvo parcelas suficientes para ser representado (ej. Tipo seco), quedando la estratificación final como se detalla en la Tabla 11, con lo que se logra hacer el cubrimiento nacional.

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

TABLA 11. ESTRATOS ASIGNADOS A LOS HORIZONTES CON VALORES INSUFICIENTES.

Para poder tener datos más consistentes en la estimación de toneladas de carbono por hectárea y por estrato, se hicieron estadísticas descriptivas por cada grupo y se compararon los rangos de contenido de carbono resultantes. 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 la varianza, es un buen estimador de la media. Debido a la variabilidad de diseños de muestreo para diferentes propósitos, distribución de datos (no normales) y tamaños de parcela, para estimar el 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 densidad de probabilidad (FDP) de cada los datos por tamaño de parcelas y por estrato mediante pruebas de bondad de ajuste (Gómez Xutuc, 2017). Ya identificadas las FDP realiza simulaciones del contenido de carbono por hectárea obteniendo un mejor estimador y su incertidumbre (Figura 7). De tal manera que se corrieron 10,000 simulaciones truncando las distribuciones de acuerdo con el mínimo y máximo de cada dato (tC/ha) por tamaño de parcela y por estrato respectivamente. Para el análisis se utilizó la mediana, ya que son datos que no presentan una distribución normal.

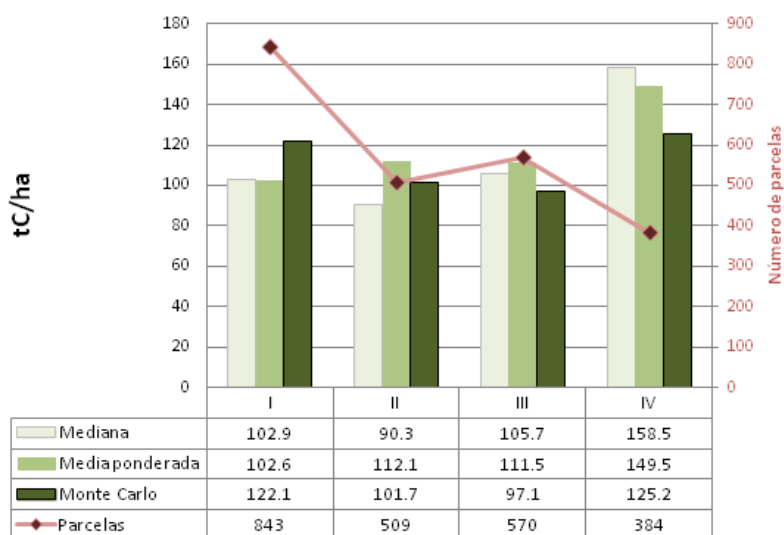


FIGURA 7. COMPARACIÓN DE LA MEDIANA, MEDIA PONDERADA Y ESTIMACIÓN MONTE CARLO (TC/HA) POR ESTRATO (GÓMEZ 2017).

Para calcular la incertidumbre final, se realizó un re-muestreo de acuerdo con el método de bootstrap al 95% de confiabilidad a los datos obtenidos de las simulaciones, esto con el objetivo de obtener los intervalos de confianza, ya que los datos no presentan una distribución gaussiana o normal. Y de esta manera se obtuvieron la cantidad de carbono y su incertidumbre por estrato a nivel nacional (Tabla 12).

Estratos	Mediana	Desviación típica	Incertidumbre (%) ⁵
I	122.06	0.187	0.30%
II	101.73	0.553	1.07%

⁵ Estos valores de incertidumbre provienen del informe metodológico para la elaboración del mapa de estratos de carbono, sin embargo, no fueron utilizados para la propagación del error en la estimación de incertidumbre.

III	97.11	0.459	0.93%
IV	125.19	0.602	0.94%

TABLA 12. VALORES DE CARBONO OBTENIDOS PARA CADA ESTRATO.

Las estimaciones de carbono con Monte Carlo como se señala anteriormente son asignados en el mapa de estratos de horizontes ombrotérmicos, con lo que se obtiene el mapa de estratos de carbono a nivel nacional.

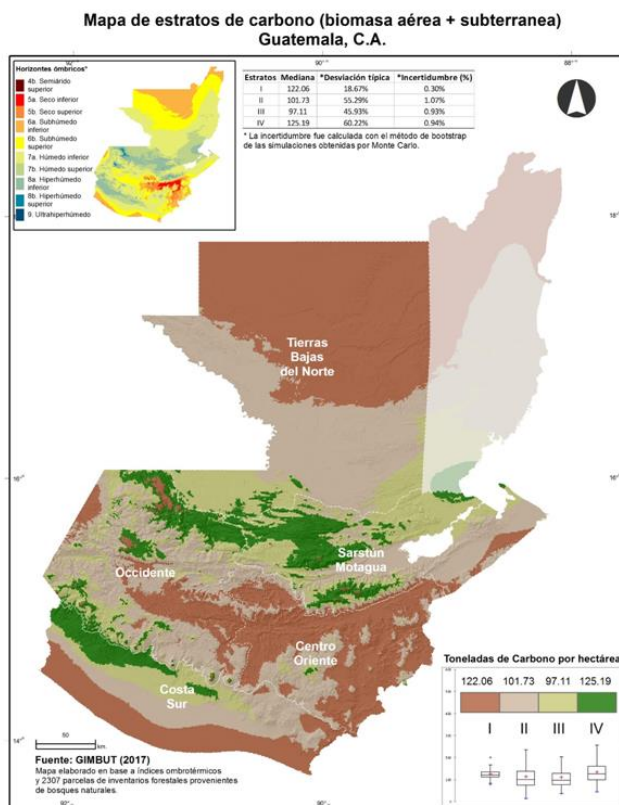


FIGURA 8. MAPA DE ESTRATOS DE CARBONO (T/HA) (GIMBUT 2017).

A partir de este mapa se obtiene el valor asignado a cada uno de los puntos de la malla de muestreo, para identificar el contenido de carbono que se tiene en cada uno de los puntos de la malla previo a la deforestación.

En la sección de anexos se encuentran disponibles las bases de datos originales y las herramientas metodológicas para el desarrollo del mapa de estratos de carbono.

5.3.3 CONTENIDO DE CARBONO POSTERIOR A LA DEFORESTACIÓN.

En Guatemala se cuenta con limitada información y estudios realizados sobre el cambio del contenido de carbono, en un proceso de deforestación, que caracteriza su estado después de transformarse hacia las categorías de tierras de cultivo, pastizales, asentamientos, humedales y otras tierras. Y se considera importante conocer estos procesos y sus efectos en la transformación, ya que muchos cultivos se encuentran en proceso de expansión, como la Palma Africana, el hule, el café, y los sistemas agroforestales (ej. Café bajo sombra) (Alonso-Fradejas et al. 2016). En el país, se han hecho esfuerzos de recopilaciones y estudios al respecto donde se ha evaluado la viabilidad del uso de los datos de datos sobre las existencias de estos cultivos, y se encontrado una factibilidad de uso 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 cercana a la realidad y asignar un valor de existencia de biomasa posterior a la deforestación, dependiendo del tipo de actividad que se desarrolla, además de dato obtenido para el país 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 y su rango de error asociado que se encuentran en cuadro 5.9 del IPCC (2006). Se utilizaron los valores para estas categorías de otros usos no forestales como se describe a continuación:

Otros usos de la tierra	Ton Carbono/ha	Rango de error y/o incertidumbre	Fuente
Tierras de cultivo (todas las clases no especificadas) y pastizales	5.00	±75%	IPCC 2006 (Cuadro 5.9 del capítulo 5 Tierras de cultivo, tierras de cultivo anual)
Tierras de cultivo-café (intensivo)	10.00	±75%	IPCC 2006 (Cuadro 5.9 del capítulo 5 Tierras de cultivo, tierras de cultivo perenne tropical muy húmedo)
Tierras de cultivo-Palma Africana	10.00	±75%	IPCC 2006 (Cuadro 5.9 del capítulo 5 Tierras de cultivo, tierras de cultivo perenne tropical muy húmedo)
Tierras de cultivo-Hule	10.00	±75%	IPCC 2006 (Cuadro 5.9 del capítulo 5 Tierras de cultivo, tierras de cultivo perenne tropical muy húmedo)
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

TABLA 13. CARBONO EN LA BIOMASA POSTERIOR A LA CONVERSIÓN POR DEFORESTACIÓN.

5.3.4 FACTORES DE EMISIÓN PARA DEGRADACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS

Los factores de emisión por degradación están basados en una aproximación de las densidades de carbono de los estratos del mapa de carbono a nivel nacional. A partir de estas densidades, en las parcelas identificadas en la malla de puntos que tenían originalmente >70% de cobertura forestal y perdieron entre al 30-70% de cobertura en el periodo NREF, o que tuvieron una dinámica inversa donde llegaron a ganar cobertura por encima del 70%, se les asignó un porcentaje de pérdida o ganancia de carbono del 50% como se muestra en la siguiente tabla:

Tipo de bosque	Porcentaje de cobertura del dosel	(tC/ha)
Bosque no degradado	> 70%	I - 122.06 II - 101.73 III - 97.11 IV - 125.19
Bosque degradado	<70% >30%	I - 61.03 II - 50.87 III - 48.56 IV - 62.60

TABLA 14. CRITERIOS UTILIZADOS PARA CLASIFICAR LAS PARCELAS CON DEGRADACIÓN.

Con base en los criterios anteriormente descritos, se obtienen los factores de emisión para la TF que se mantienen como TF y que pierden o ganan entre 30% y 70% de la cobertura forestal como proxi de la degradación.

5.3.5 FACTORES DE ABSORCIÓN PARA INCREMENTOS EN ACERVOS DE CARBONO

Los factores de absorción que se usaron para estimar la captura de CO₂ en las áreas que se convirtieron en plantaciones forestales, que corresponde al carbono que se captura durante el crecimiento en biomasa de los árboles que están en estas áreas que aumentan el área forestal. El establecimiento de plantaciones requiere de una preparación del terreno para eliminar la competencia en el establecimiento inicial de la plantación. Por lo tanto, se asume que durante el proceso de conversión se elimina todo el carbono contenido en la biomasa de su uso anterior. Y mantienen un crecimiento sostenido y uniforme en toda el área convertida a plantaciones de coníferas o latifoliadas en el periodo de 15 años que comprende el NREF.

Para estimar este dato, 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, y su ubicación obedece al comportamiento de la distribución geográfica de las plantaciones forestales establecidas principalmente con el beneficio del Programa de Incentivos Forestales PINFOR del Instituto Nacional de Bosques (INAB) desde el año 1998. Los factores de absorción que aquí se describen se desarrollaron en el “Protocolo Metodológico para Línea Base de Aumentos de Stock de Carbono” del INAB.

Se obtuvieron 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. Se generaron estimaciones robustas de los IMAs de bosques de latifoliadas y bosques de coníferas de la base de datos de parcela permanentes de medición forestal (PPMF). Las funciones mejor ajustadas a los datos de densidad de probabilidad (FDP) son lognormales para bosques latifoliados y gamma para bosques de coníferas. Sobre estas distribuciones se realizaron simulaciones de Monte Carlo para hacer estimaciones más precisas y se calcularon los valores finales de los IMAs con las medianas de las distribuciones finales de las simulaciones. En la sección de anexos se encuentran los datos y herramientas utilizada para las estimaciones.

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

TABLA 15. IMA PARA CADA TIPO DE PLANTACIONES FORESTALES.

Para la selección las densidades de la madera, se utilizó el documento llamado “Wood Densities of Tropical Tree Species” el cual contiene un estudio científico de las densidades por árboles de los bosques tropicales en América, también como apoyo y a manera de comparación, se utilizó el documento de “Coníferas de Guatemala” que contiene densidades de las especies arbóreas perteneciente al grupo de bosque de Coníferas (DATAFORG 2000, Reyes et al. 1992)

Con los datos de densidades básicas ordenados se obtuvo una densidad promedio de madera para el bosque de latifoliadas y de coníferas, para obtener la densidad media de la madera, para cada tipo de bosque se identificaron las especies pertenecientes a cada comunidad de árboles y se calculó la media aritmética.

Tipo de bosque	Densidad gr/cm ³
Bosque Latifoliado	0.62
Bosque de Coníferas	0.61

TABLA 16. DENSIDAD DE LA MADERA DE ACUERDO CON LOS DIFERENTES TIPOS DE PLANTACIONES.

A estos valores se agregan los Factores de Expansión de Biomasa (FEB), que es la relación entre la biomasa aérea con la biomasa subterránea (BA:BS) y la fracción de carbono (FC), con valores por defecto del IPCC como se muestran a continuación.

Estrato	FEB	BA:BS	FC
Bosque Latifoliado	1.50	0.2	0.47

Bosque de conífera	1.20	0.2	0.47
--------------------	------	-----	------

TABLA 17. FACTORES DE EXPANSIÓN, RELACIÓN BIOMASA AÉREA SUBTERRÁNEA Y FRACCIÓN DE CARBONO PARA PLANTACIONES FORESTALES.

Finalmente, los datos de carbono por hectárea por año se convierten a un factor de remoción o absorción de CO₂ al multiplicarlos por el factor por defecto del IPCC de 44/12. Una vez hechos todos los cálculos, se obtienen los valores para plantaciones en bosques latifoliados y plantaciones en bosques de coníferas.

Estrato	FR (tC/ha)	FR (tCO ₂ /ha)
Bosque Latifoliado	1.80	6.60
Bosque de conífera	3.25	11.93

TABLA 18. FACTORES DE REMOCIÓN PARA PLANTACIONES FORESTALES.

Descripción del parámetro incluyendo si aplica, la clasificación de los tipos de vegetación:	Factores de emisión de bosque (existencias de biomasa previas a la conversión): Carbono de la biomasa aérea y subterránea para cuatros estratos de bosque geo referidos en un mapa de carbono a nivel nacional, asignados al punto del dato de actividad donde ocurre la deforestación.																	
	Factores de emisión de otros usos de la tierra (existencias de biomasa posteriores a la conversión por deforestación a otros usos): Carbono en la biomasa área y subterránea en las categorías generales de tierras de cultivo, pastizales, asentamientos, humedales y otras tierras. Y para las clases y sub clases de cultivos perennes de sistemas agroforestales, café, palma africana y hule.																	
Unidades (ej. t CO ₂ /ha):	Ton C/ha																	
Valores del parámetro:	Factores de emisión bosques																	
	<table><tr><th>Estrato de bosque</th><th>Tipo ómbrico</th><th>Mediana (Ton C/ha)</th></tr><tr><td>I</td><td>Semiárido, Seco y subhúmedo, Hiperhúmedo, Ultrahiperhúmedo</td><td>122.06</td></tr><tr><td>II</td><td>Húmedo inferior</td><td>101.73</td></tr><tr><td>III</td><td>Húmedo superior</td><td>97.11</td></tr><tr><td>IV</td><td>Hiper húmedo inferior</td><td>125.19</td></tr></table>			Estrato de bosque	Tipo ómbrico	Mediana (Ton C/ha)	I	Semiárido, Seco y subhúmedo, Hiperhúmedo, Ultrahiperhúmedo	122.06	II	Húmedo inferior	101.73	III	Húmedo superior	97.11	IV	Hiper húmedo inferior	125.19
	Estrato de bosque	Tipo ómbrico	Mediana (Ton C/ha)															
	I	Semiárido, Seco y subhúmedo, Hiperhúmedo, Ultrahiperhúmedo	122.06															
	II	Húmedo inferior	101.73															
	III	Húmedo superior	97.11															
	IV	Hiper húmedo inferior	125.19															
	Factores de emisión en otros usos																	
	<table><tr><th>Otros usos de la tierra</th><th>Ton Carbono/ha</th></tr><tr><td>Tierras de cultivo (todas las clases no especificadas) y pastizales</td><td>5.00</td></tr><tr><td>Tierras de cultivo-café (intensivo)</td><td>10.00</td></tr><tr><td>Tierras de cultivo-Palma Africana</td><td>10.00</td></tr><tr><td>Tierras de cultivo-Hule</td><td>10.00</td></tr><tr><td>Sistemas agroforestales (café en sombra)</td><td>28.40</td></tr><tr><td>Asentamientos</td><td>0.00</td></tr></table>			Otros usos de la tierra	Ton Carbono/ha	Tierras de cultivo (todas las clases no especificadas) y pastizales	5.00	Tierras de cultivo-café (intensivo)	10.00	Tierras de cultivo-Palma Africana	10.00	Tierras de cultivo-Hule	10.00	Sistemas agroforestales (café en sombra)	28.40	Asentamientos	0.00	
	Otros usos de la tierra	Ton Carbono/ha																
Tierras de cultivo (todas las clases no especificadas) y pastizales	5.00																	
Tierras de cultivo-café (intensivo)	10.00																	
Tierras de cultivo-Palma Africana	10.00																	
Tierras de cultivo-Hule	10.00																	
Sistemas agroforestales (café en sombra)	28.40																	
Asentamientos	0.00																	

	<table> <tr> <td>Humedales</td><td>0.00</td></tr> <tr> <td>Otras tierras</td><td>0.00</td></tr> </table>	Humedales	0.00	Otras tierras	0.00
Humedales	0.00				
Otras tierras	0.00				
Fuente de los datos (ej. Estadísticas oficiales IPCC, literatura científica) o descripción de los supuestos, métodos y resultados de cualquier estudio usado para determinar el parámetro:	<p>Principales fuentes de los datos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Base de datos depurada y estandarizada de 2,307 parcelas de inventarios forestales con diferentes propósitos del Instituto Nacional de Bosque, La Universidad del Valle de Guatemala (UVG) y de Concesiones Forestales (CEMEC y Asociación de Ingenieros forestales). -Modelos alométricos desarrollados para el país para los bosques húmedos y muy húmedos cálidos, del Petén (Arreaga 2002), comunidades bosques de latifoliados y coníferas (UVG 2005) y bosques de mangle por especie (Imbert y Rollet 1989 y Fromad et al. 1998). Para la biomasa por subterránea fue el modelo alométrico de Komiyama 2008, que incorpora variables específicas de las especies. A la biomasa calculada se le aplicó la fracción de carbono por defecto del IPCC (2006). El total de carbono en los árboles se estimó para cada parcela (Gómez Xutuc 2016) -Mapa de estratos de carbono desarrollado por el GIMBUT (2017) a partir de variables climáticas (World Clim) y del carbono de las parcelas recopiladas a nivel nacional (Gómez Xutuc 2017). Se estimaron los estratos de carbono con interacciones de montecarlo obteniendo su mediana como la densidad de carbono. -Datos de las regiones de sistemas agroforestales de café bajo sombra en el país, para estimar las existencias de biomasa después de la conversión a sistemas agroforestales (Castillo 2016, ANACAFÉ 1998). Y datos por defecto del IPCC (2006) para otros usos identificados. 				
Escala espacial (local, regional, nacional o internacional):	Nacional				
Discusión de la incertidumbre clave asociada a este parámetro:	<p>Factores de emisión de bosque</p> <ul style="list-style-type: none"> -Errores de muestreo de las parcelas -Errores asociados a los modelos alométricos aplicados -Falta de representación de todos los tipos de vegetación forestal en las parcelas de estimación de carbono disponibles para construir el mapa de estratos de carbono (ej. Bosques secos) <p>Factores de emisión de otros usos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Rango de error de los datos por defecto de los valores para cultivos anuales y de especies perennes reportados por el IPCC (2006) -Rango de error de sistemas agroforestales del café obtenido de las desviaciones estándares de los contenidos de carbono de la biomasa aérea y subterránea 				

TABLA 19. FACTORES DE EMISIÓN DE BOSQUES Y OTROS USOS DE LA TIERRA.

Descripción del parámetro incluyendo si aplica, la clasificación de los tipos de vegetación:	Factores de emisión para degradación y áreas degradadas que se restauran: Es la pérdida o ganancia de los contenidos de carbono para cada estrato de carbono a nivel nacional en función a la reducción o incremento de la cobertura del dosel que se detecta en los datos de actividad de 2006 a 2016 para las tierras forestales que permanecieron como tierras forestales. Son los bosques no degradados en 2006 que contaban con más del 70% de cobertura y que reducen la cobertura del dosel a entre el 70 y 30% o a la inversa para el caso de áreas degradadas que se recuperan.								
Unidades (ej. t CO ₂ /ha):	Ton C/ha								
Valores del parámetro:	Factores de emisión de degradación por estrato de carbono. <table><tr><th>Bosque degradado</th><th>Estratos de carbono (TonC/ha)</th></tr><tr><td rowspan="4">Pérdida de entre 30-70% de cobertura original.</td><td>I – 61.03</td></tr><tr><td>II – 50.87</td></tr><tr><td>III – 48.56</td></tr><tr><td>IV – 62.60</td></tr></table>		Bosque degradado	Estratos de carbono (TonC/ha)	Pérdida de entre 30-70% de cobertura original.	I – 61.03	II – 50.87	III – 48.56	IV – 62.60
Bosque degradado	Estratos de carbono (TonC/ha)								
Pérdida de entre 30-70% de cobertura original.	I – 61.03								
	II – 50.87								
	III – 48.56								
	IV – 62.60								
Fuente de los datos (ej. Estadísticas oficiales IPCC, literatura científica) o descripción de los supuestos, métodos y resultados de cualquier estudio usado para determinar el parámetro:	<p>Principales fuentes de los datos</p> <p>-Base de datos depurada y estandarizada de 2,307 parcelas de inventarios forestales con diferentes propósitos del Instituto Nacional de Bosque, La Universidad del Valle de Guatemala (UVG) y de Concesiones Forestales (CEMEC y Asociación de Ingenieros forestales).</p> <p>-Modelos alométricos desarrollados para el país para los bosques húmedos y muy húmedos cálidos, del Petén (Arreaga 2002), comunidades bosques de latifoliados y coníferas (UVG 2005) y bosques de mangle por especie (Imbert y Rollet 1989 y Fromad et al. 1998). Para la biomasa por subterránea fue el modelo alométrico de Komiyama 2008, que incorpora variables específicas de las especies. A la biomasa calculada se le aplico la fracción de carbono por defecto del IPCC (2006). El total de carbono en los árboles se estimó para cada parcela (Gómez 2016)</p> <p>-Mapa de estratos de carbono desarrollado por el GIMBUT (2017) a partir de variables climáticas (World Clim) y del carbono de las parcelas recopiladas a nivel nacional (Gómez Xutuc 2017). Se estimaron los estratos de carbono con iteraciones de montecarlo obteniendo su mediana como la densidad de carbono.</p>								

	-Detección de la reducción de cobertura por tipo de degradación en las tierras forestales que permanecieron como tierras forestales (3,621 puntos de muestreo).
Escala espacial (local, regional, nacional o internacional):	Nacional
Discusión de la incertidumbre clave asociada a este parámetro:	<p>-Errores de muestreo de las parcelas</p> <p>-Falta de representación de todos los tipos de vegetación forestal en las parcelas de estimación de carbono disponibles para construir el mapa de estratos de carbono (ej. Bosques secos)</p> <p>-Errores en la interpretación de la reducción de cobertura y calidad de los insumos de sensores remotos</p>

TABLA 20. FACTORES DE EMISIÓN POR DEGRADACIÓN

Descripción del parámetro incluyendo si aplica, la clasificación de los tipos de vegetación:	Factores de remoción de bosque (existencias de biomasa previas a la conversión): Incrementos de carbono en la biomasa almacenada resultado del crecimiento del establecimiento de plantaciones forestales de coníferas y latifoliadas			
Unidades (ej. t CO ₂ /ha):	m ³ /ha/año, Ton C/ha /año, Ton CO ₂ /ha/año			
Valores del parámetro:	Factores de remoción de bosques			
	Plantación	IMA (m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹)	Ton C ha ⁻¹ año ⁻¹	TonCO ₂ ha ⁻¹ año ⁻¹
	Latifoliadas	3.43	1.8	6.60
	Coníferas	7.88	3.25	11.93
Fuente de los datos (ej. Estadísticas oficiales IPCC, literatura científica) o descripción de los supuestos, métodos y resultados de cualquier estudio usado para determinar el parámetro:	<p>Principales fuentes de los datos</p> <p>-Análisis de los Incrementos Medios Anuales de 28 especies de plantaciones forestales, que se miden en parcelas permanentes para el análisis del crecimiento de plantaciones, del Instituto Nacional de Bosques. Las parcelas están distribuidas en los 22 departamentos de Guatemala dentro de áreas apoyadas con los programas de incentivos forestales que se implementan en el país (INAB, 2015).</p> <p>-Agrupación de las especies (28) en comunidades de coníferas y latifoliadas con sus IMAs respectivos, y para cada grupo se estimó un valor de IMA con el método de simulaciones de montecarlo.</p> <p>-Para convertir el IMA incrementos de biomasa se tomó la densidad promedio de la madera para cada grupo se obtuvo por especie de bases de datos que</p>			

	<p>recopilan las densidades de las especies que se usan en el análisis (DATAFORG 2000, Reyes et al. 1992)</p> <p>- En el cálculo del factor de remoción final se convirtió la biomasa a carbono y CO₂ con los valores por defecto de la fracción de carbono (0.47) y de CO₂ (44/12) del IPCC (2006)</p>
Escala espacial (local, regional, nacional o internacional):	Nacional
Discusión de la incertidumbre clave asociada a este parámetro:	<p>-Errores de muestreo en las parcelas para la obtención de los IMA's</p> <p>-Falta de datos nacionales por especie de la densidad de la madera y contenido de carbono.</p>

TABLA 21. FACTORES DE REMOCIÓN O ABSORCIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES.

6 ESTIMACIÓN DEL PROMEDIO ANUAL HISTÓRICO DE EMISIONES EN EL PERIODO DE REFERENCIA (2006 – 2016)

La estimación de las emisiones se hace por separado para cada una de las tres actividades consideradas (deforestación, degradación e incrementos en depósitos de carbono forestal). Se usaron las directrices del IPCC (2006) de Uso del Suelo Cambio de Uso del Suelo como se indica en la sección 5.2.2.2 y para la estimación de su incertidumbre.

6.1 NIVEL DE REFERENCIA SUBNACIONAL DE EMISIONES FORESTALES POR DEFORESTACIÓN

En la estimación de emisiones por deforestación se unieron con su referencia geográfica los datos de actividad y el mapa de estratos de carbono, con sus variables colectadas de 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.

En cada punto, con las variables colectadas en la interpretación del cambio, se identificó su uso final (2016) y el año de cambio cuando se ocasionó la deforestación en el periodo de (2006-2016) y también se le asignó su factor de emisión, relacionado con la existencia de carbono inmediato después de la conversión.

De esta manera, se integró para cada punto de la malla identificado por deforestación su valor de cambio por deforestación ($\Delta C_{CONVERSIONi,t-Def}$, Ecuación 2), que consiste en la diferencia del factor de emisión (existencia de carbono antes de la conversión) y el Factor de emisión de otros usos (existencia de carbono después de la conversión), que resulta en el carbono emitido (Factor de emisión final) y relacionado a su área de conversión, cuantificada por los puntos de la malla del dato de actividad (2001-2016).

Ecuación 3, 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 no bosque, en ton C año⁻¹

$Carbono_{antes\ i}$ = existencia de carbono en estrato de carbono del bosque i antes de la conversión, en toneladas de carbono por hectárea (Factor de Emisión de tierras forestales)

$Carbono_{despues\ i}$ = existencia de carbono en el tipo de uso de suelo después de la conversión (Factor de Emisión de Otros Usos), en toneladas de carbono por hectárea

$\Delta A_{a\ otros\ usos}$ = Área de bosque por tipo de Factor de Emisión en tierras forestales i convertida a no bosque (Factores de emisión de otro uso) en el año $t1$, en hectáreas

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. Solamente se contabilizan como incremento en existencias de carbono los otros usos convertidos a plantaciones de coníferas y latifoliadas en las tierras forestales.

Para el proceso de conversión, 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 y regionales para deforestación.

Las bases de datos y procedimiento para la estimación de las emisiones por deforestación y degradación por estrato de carbono en los bosques y cambio de uso de suelo en el área del programa.

6.2 NIVEL DE REFERENCIA SUBNACIONAL POR DEGRADACIÓN

La degradación se estimó para el NREF en su periodo histórico como un proxy de la reducción de la cobertura en tierras forestales que permanecieron como tierras forestales con métodos de cálculo análogos a la deforestación (Ecuación 3) y se integró con el enfoque general y mismos supuestos (Ecuación 2). Se calculó el valor de cambio ($\Delta C_{CONVERSIONi,t-Degradación}$) para su tipo de transición de pérdida de biomasa por degradación, con los valores de existencias de carbono antes de la degradación y después de la degradación, atribuidos a su área del dato de actividad para cuantificar las emisiones por región y nacional.

La degradación resulta ser significativa con más del 10% de las emisiones totales, lo cual indica un gran potencial de reducción por esta actividad debida a diversas causas como el uso no sostenido y descontrolado del bosque, la tala ilegal y los incendios forestales.

Actividad	Área (ha)	ha/año	TonC	TonCO ₂ e	TonCO ₂ /año
Deforestación	325,065.32	32,506.53	33,520,265.67	122,907,640.79	12,290,764.08
Degradación	153,423.16	15,342.32	8,210,387.60	30,104,754.52	3,010,475.45

TABLA 22. RESUMEN DE LAS EMISIONES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN EN EL PERIODO 2006-2016 EN EL ÀREA DEL PROGRAMA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES.

6.3 NIVEL DE REFERENCIA SUBNACIONAL DE AUMENTOS DE EXISTENCIAS

6.3.1 ÁREAS DEGRADADAS QUE SE RESTAURAN.

El NREF para aumentos de existencia está compuesto por dos actividades que son contabilizadas de forma separada, el primero corresponde a las áreas degradadas que se recuperan que es estimado de la misma forma que la degradación cambiando los factores de emisión por factores de absorción. La siguiente tabla muestra los principales resultados:

Actividad	Área (ha)	ha/año	TonC	TonCO ₂ e	TonCO ₂ /año
Incremento en tierras forestales degradadas que se recuperan	96,848.37	9,684.84	-5,302,807.78	-19,443,628.54	-1,944,362.85

TABLA 23. INCREMENTO EN TIERRAS FORESTALES DEGRADADAS QUE SE RECUPERAN

6.3.2 PLANTACIONES FORESTALES

Las absorciones o remociones históricas en el periodo de referencia se contabilizaron para las plantaciones forestales de coníferas y latifoliadas que se asume que han sido establecidas por los programas de incentivos forestales para el país. Para ello se identificaron en el muestreo de puntos, 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 asignó su factor de remoción, 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 como una variable en la Ecuación 2 del enfoque de cálculo de las actividades del nivel de referencia. Se cuantifica su remoción de carbono con el crecimiento acumulativo total con Ecuación 2.9 del IPCC, 2006 de tierras que permanecen como tierras forestales como se muestra a continuación.

Ecuación 4

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

$\Delta C_{G, \text{incr}}$ = 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 de del carbono en otros usos convertidas a plantaciones.

Se asume que para el proceso de establecimiento de la plantación se elimina toda la biomasa del uso inicial y después de haberse establecido la plantación su crecimiento es sostenido a lo largo del periodo (10 años) y se suman las capturas que vienen de áreas convertidas en cada año, adicionadas a las capturas que vienen desde al año inicial. El NREF para incrementos es:

Año	Ha/año	TonC/año	TonCO2/año
2007	2,876.68	-74026.67404	-271431.1382
2008	5,753.37	-148,053.35	-542,862.28
2009	8,630.05	-222,080.02	-814,293.41
2010	11,506.74	-296,106.70	-1,085,724.55
2011	14,383.42	-370,133.37	-1,357,155.69
2012	17,260.11	-444,160.04	-1,628,586.83
2013	20,136.79	-518,186.72	-1,900,017.97
2014	23,013.47	-592,213.39	-2,171,449.11
2015	25,890.16	-666,240.07	-2,442,880.24
2016	28,766.84	-740,266.74	-2,714,311.38

TABLA 24. AUMENTO DE EXISTENCIAS EN SUPERFICIE Y ACERVOS DE C Y CO2 POR AÑO EN PERIODO DEL NREF.

7 AJUSTES SOBRE LAS EMISIONES DE DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN PARA EL PERIODO DE REFERENCIA (SI APLICA)

El NREF presentado corresponde a el promedio anual histórico de emisiones y no se considera que las circunstancias del país hayan cambiado de modo tal que sea probable que las tasas de deforestación y degradación forestal registradas durante el período histórico de referencia lleven a subestimar las tasas futuras a lo largo de la Vigencia del ERPA. Por lo tanto, no se proponen ajustes a las emisiones históricas del NREF.

8 NIVEL DE REFERENCIA SUBNACIONAL ESTIMADO

La siguiente Tabla estima El NREF para toda el área de contabilidad del programa de RE de Guatemala por deforestación, degradación y aumento de las reservas de existencias de carbono. El programa no incluye emisiones por manejo sostenible de bosques y conservación de reservas de carbono.

ERPA año termino t	Emisiones históricas anuales promedio de la deforestación durante el Período de referencia (tCO2- e / año) (Deforestación)	Emisiones históricas anuales promedio de la degradación forestal durante el Período de referencia (tCO2-e / año) (Degradación)	Promedio de remociones históricas anuales por sumideros durante el Período de referencia (tCO2-e / año) (Plantaciones Forestales)	Promedio de remociones históricas anuales por sumideros durante el Período de referencia (tCO2-e / año) (Restauración de áreas forestales degradadas)	Nivel de referencia (tCO2-e / año)
1	12,290,764.08	3,010,475.45	-271,431.14	-1,944,362.85	13,085,445.54
2	12,290,764.08	3,010,475.45	-271,431.14	-1,944,362.85	13,085,445.54
3	12,290,764.08	3,010,475.45	-271,431.14	-1,944,362.85	13,085,445.54
4	12,290,764.08	3,010,475.45	-271,431.14	-1,944,362.85	13,085,445.54
5	12,290,764.08	3,010,475.45	-271,431.14	-1,944,362.85	13,085,445.54

TABLA 25. NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES.

9 RELACIÓN ENTRE EL NIVEL DE REFERENCIA DESARROLLADO Y LOS INVENTARIOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL PAÍS REPORTADOS A LA CMNUCC

La Segunda Comunicación Nacional que se realizó con las directrices de IPCC de 1996 y las guías de buenas prácticas de USCUS de 2003, también estableció áreas de fortalecimiento debido a limitaciones de información encontradas para los Inventarios GEI. Estas fueron en lo referente a los insumos disponibles para los datos de actividad, que en todos los sectores no presentaban información generada de manera consistente y no fue posible reportar su incertidumbre (MARN 2015). Por lo cual, se determinó necesario canalizar esfuerzos para colecta y generación de datos de actividad para UTCUTS, así como una actualización hacia las directrices de IPCC 2006.

El sector UTCUTS para Guatemala en sus dos comunicaciones nacionales se identifica como el de mayor aporte de emisiones de gases de efecto invernadero (33%) derivadas principalmente de la transformación de bosques a otros usos (deforestación), causadas por modelo desarrollo nacional que promueve la expansión de tierras para actividades agropecuarias de forma extensiva. Como una medida de mitigación de este sector clave, en la segunda comunicación, se estableció la meta de la reducción del 36.5% de las emisiones anuales netas estimadas para el sector UTCUTS en el periodo 2016-2020. Por consiguiente, la estrategia REDD+ en todos sus niveles y los reportes que se generen, responden a requerimientos metodológicos de la CMNUCC, el FCPF y el fondo de carbono.

La Segunda Comunicación Nacional también estableció áreas de fortalecimiento debido a limitaciones de información encontradas para los Inventarios GEI que se han realizado. Estas fueron en lo referente a los insumos disponibles para los datos de actividad, que en todos los sectores no presentaban información generada de manera consistente y no fue posible reportar su incertidumbre. Por lo cual, se determinó necesario canalizar esfuerzos para colecta y generación de datos de actividad para UTCUTS (MARN 2015).

El NREF en el programa de reducción de emisiones del FCPF como parte de la estrategia de mitigación para el país, se dirigió también a atender las mejoras metodológicas como las anteriormente mencionadas. Y como proceso de su desarrollo de los NREF para el ERP, se construyó una malla nacional de monitoreo intensivo del territorio mediante el uso sensores remotos, con el objetivo de mejorar la consistencia y precisión de los insumos de datos de actividad, y mejorar su vinculación con la información de inventarios forestales y factores de emisión, que a su vez serán insumos principales para el sistema MRV para GEI que se encuentra en etapa de diseño e implementación. Debido a la reciente publicación del Mapa de Cobertura Forestal de 2016 el Mapa de Dinámica de Cobertura Forestal (2000-2016) se ha estado trabajando en la actualización de los niveles de referencia de deforestación para el periodo 2000-2016 utilizando insumos cartográficos (mapas Wall to Wall), así como los niveles de referencia de degradación por incendios forestales e incrementos de stock de carbono y por ello se clarifica que es posible que los niveles de referencia puedan actualizarse como resultado de un proceso de mejora continua.

Lo anterior también se considera una parte integral para el desarrollo de la tercera comunicación y el primer BUR que se encuentran en proceso de preparación para el cumplimiento de los acuerdos alcanzados ante la

CMNUCC, de acuerdo con lo establecido en el párrafo 105 de la Decisión de París y Artículo 13 del Acuerdo de París. Esto con el fin de mejorar los inventarios GEI actualizados con las directrices del IPCC 2006 y poder presentar en corto plazo con las mismas bases técnico-científicas el NREF nacional (MARN 2018).

10 ANEXO: HERRAMIENTAS DE CÁLCULO Y PROTOCOLOS

La herramienta de cálculo, análisis y reporte de las emisiones y absorciones de CO_{2e} del sector forestal a nivel SUBNACIONAL está disponible aquí:
<https://snicc.azurewebsites.net/Busqueda/Resultado?powerbi=https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaMDU4NDg1NWQzMjAwNS00YWQyLTJhMjAtZGUzYWZhYjlkYzAzliwidCI6IjhmYmFhNWJmLTJlY2MtNGRjOC1iNTZiLTNmOTJlMzA3ZjA3NiIsImMiOiR9>

Los datos de actividad y la herramienta de cálculo están disponibles [aquí](https://www.dropbox.com/s/2gsr3e88je5wj6r/Datos_de_Actividad_NREF_Subnacional_web.xlsx?dl=0):
https://www.dropbox.com/s/2gsr3e88je5wj6r/Datos_de_Actividad_NREF_Subnacional_web.xlsx?dl=0

La metodología, el enfoque, el análisis estadístico sobre estimación de emisiones se sintetizan en la herramienta de cálculo disponible [aquí](https://www.dropbox.com/s/hs9r8x0zybskcqz/Estimaci%C3%B3n_Emissiones_NREF.zip?dl=0):
https://www.dropbox.com/s/hs9r8x0zybskcqz/Estimaci%C3%B3n_Emissiones_NREF.zip?dl=0

Las bases de datos originales y las herramientas metodológicas para el desarrollo del mapa de estratos de carbono se encuentran en la siguiente dirección:
https://www.dropbox.com/s/argf9hbvj3lr2vq/Estratos_de_Carbono_web.zip?dl=0

La herramienta del cálculo correspondiente al análisis estadístico de precisión del Nivel de Referencia Subnacional de Emisiones Forestales de Guatemala se sintetizan en la herramienta de cálculo disponible aquí:
<https://www.dropbox.com/s/n1xgd6m6do5093x/Incertidumbre%20Montecarlo%20Guatemala%20ERPD.xlsm?dl=0>

La herramienta de análisis y cálculo sobre las absorciones de CO_{2e} puede ser consultada [aquí](https://www.dropbox.com/s/qoccyn1zjr9xo82/Estimaci%C3%B3n_Absorciones_NREF.zip?dl=0):
https://www.dropbox.com/s/qoccyn1zjr9xo82/Estimaci%C3%B3n_Absorciones_NREF.zip?dl=0

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Análisis de la dinámica de expansión del cultivo de la palma africana en Guatemala: un enfoque cartográfico. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/304822664_Analisis_de_la_dinamica_de_expansion_de_l_cultivo_de_la_palma_africana_en_Guatemala_un_enfoque_cartografico
- Estimación de la cantidad de Carbono almacenado en los sistemas Agroforestales de Cacao (*Theobroma cacao* L.), en los departamentos de Suchitepéquez y Retalhuleu del Sur-Occidente de Guatemala. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2011. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8053/Davila%20R.%20Davila_Estimacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Estudio de Línea de Base de Carbono en Cafetales. Universidad del Valle de Guatemala. 2010. Disponible en: <http://tauceti.uvg.edu.gt/investigacion/ceab/cea/doc/informe-anacafe/Informe-final-CARBONO-ANACAFE-2016.pdf>
- Evaluación de los Recursos Forestales. Inventario Forestal Nacional 2002-03. 2004. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/23224-015b0b120eb03aa8b646ce6e3095c7a6a.pdf>
- Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques. ERPIN Guatemala. Programa Nacional de Reducción de Emisiones. 2013. Disponible en: <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/2602.pdf>
- GIMBUT, 2018. Niveles de Referencia de Emisiones GEI Forestales de Guatemala. Documento en revisión. Actualizado al 24 de enero de 2018. Estrategia Nacional de Reducción de la Deforestación y Degradación de Bosques en Guatemala (ENDDBG) bajo el mecanismo REDD+. Guatemala. Disponible en: <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/9385.pdf>
- 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.
- Gobierno de la República de Guatemala, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Renovables – MARN-, Unidad de Información Ambiental y Cambio Climático -UIACC-(2018) Experiencias de Mapeo que Impulsa GIMBUT para el año 2018. Guatemala. Presentación de Power Point disponible en: <https://1drv.ms/b/s!ArOT2kzad9H9oTyUoiWT4DG6vlaG>
- Gómez Xutuc, 2017. Informe metodológico para la elaboración del mapa de estratos de Carbono. disponible en: <https://www.forestcarbonpartnership.org/system/files/documents/Gt%20ERPD%20Advanced%20Draft%20Anexo%20V.pdf>
- Guía para el Establecimiento, Monitoreo y Rehabilitación de Parcelas Permanentes de Medición Forestal en Bosques Naturales de Coníferas. 2012. INAB. Disponible en: http://portal.inab.gob.gt/images/publicaciones/GUIA_PPMF%20coniferas.pdf
- Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la tierra GIMBUT, 2017. Niveles de Referencia de Emisiones Forestales / Niveles de Referencia Forestal (NREF/NRF).

- Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra. (2014). Mapa de bosques y uso de la tierra 2012 y Mapa de cambios en uso de la tierra 2001- 2010 para estimación de emisiones de gases de efecto invernadero. Documento Informativo. 16 pp. Disponible en: http://www.sia.marn.gob.gt/publicaciones/otros/Documento%20informativo_GIMBOT_oct2014.pdf
- Instituto Nacional de Bosques. 2014. Dinámica de crecimiento y productividad de 28 especies forestales en plantaciones en Guatemala, Serie Técnica No. DT-002(2015). Guatemala 212 p. Disponible en: http://ppm.inab.gob.gt/docs/dinamica_28_especies_en_plantaciones_vf.pdf
- IPCC (2006) Directrices para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Vol. 4, Cap .3. Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_03_Ch3_Representation.pdf
- Komiyama, Akira et al. 2008. Alometría, biomasa y productividad de los manglares: una revisión. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/222705716_Allometry_biomass_and_productivity_of_mangrove_forests_A_review
- Marco metodológico del Fondo del Carbono del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques. 2016. Disponible en: https://www.forestcarbonpartnership.org/system/files/documents/Marco%20metodol%C3%B3gico%20del%20Fondo%20del%20Carbono%20del%20FCPF%20final_0_0.pdf
- Mokany, Raison & Prokushkin, 2006. Estimación de la biomasa arbórea en los bosques de África Central utilizando modelos alométricos. Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?Referen celD=2244452](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45))/reference/ReferencesPapers.aspx?Referen celD=2244452)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Collect Earth: Augmented Visual Interpretation for Land Monitoring. Disponible en: <http://www.openforis.org/tools/collect-earth.html>
- Preparación de la Estrategia Nacional para la Reducción de Emisiones por Deforestación evitada, degradación evitada y mejoramiento de las Reservas de Carbono, Guatemala. Niveles de Referencia y Sistema MRV. 2016. Disponible en: <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/3059.pdf>
- Primer Reporte Bienal y Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Disponible en: <https://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/projects/primer-reporte-bienal-y-tercera-comunicacion-nacional-de-cambio-.html>
- Protocolo para el Uso de la Plataforma Open Foris (Collect-Earth-Earth Engine) aplicado para la actualización de Niveles de Referencia de Emisiones GEI-NREF/NRF- de Guatemala 2001-2016. 2018. Disponible en: <https://www.forestcarbonpartnership.org/system/files/documents/Gt%20ERPD%20Advanced%20Draft%20Anexo%20IV.pdf>

- Segunda Comunicación Nacional sobre cambio climático Guatemala. Conclusiones y recomendaciones sobre los inventarios nacionales. Disponible en <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/2562.pdf>