



# ESTRATEGIA REDD+ GUATEMALA

Bosque | Gente | Futuro

## DOCUMENTO TÉCNICO: FACTORES DE EMISIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL NIVEL DE REFERENCIA SUBNACIONAL DE EMISIONES Y ABSORCIONES FORESTALES (NRF/NREF) 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<sub>2e</sub> (ERPD) ante el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF)*

## **1 TABLA DE CONTENIDO**

<b>2 FACTORES DE EMISIÓN (FE)</b>	<b>4</b>
<b>3 FACTORES DE EMISIÓN PARA DEFORESTACIÓN.</b>	<b>4</b>
<b>3.1 CONTENIDO DE CARBONO ANTES DE LA DEFORESTACIÓN Y MAPA DE ESTRATOS DE CARBONO.</b>	<b>4</b>
<b>3.2 CONTENIDO DE CARBONO POSTERIOR A LA DEFORESTACIÓN.</b>	<b>9</b>
<b>4 FACTORES DE EMISIÓN PARA DEGRADACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS</b>	<b>10</b>
<b>5 FACTORES DE ABSORCIÓN PARA INCREMENTOS EN ACERVOS DE CARBONO</b>	<b>11</b>
<b>6 ANEXO: HERRAMIENTAS DE CÁLCULO Y PROTOCOLOS</b>	<b>18</b>
<b>7 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>19</b>

### **Lista de Tablas**

Tabla 1. Número de parcelas por tamaño de parcela .....	5
Tabla 2. Ecuaciones alométricas utilizadas. ....	5
Tabla 3. Ecuaciones utilizadas para la estimación de biomasa por debajo del suelo. ....	6
Tabla 4. Agrupos formados a partir del análisis de k muestras (Kruskal-Wallis). ....	6
Tabla 5. Agrupación de las muestras en diferentes estratos. ....	7
Tabla 6. Estratos asignados a los horizontes con valores insuficientes. ....	7
Tabla 7. Valores de Carbono obtenidos para cada estrato. ....	8
Tabla 8. Carbono en la biomasa posterior a la conversión por deforestación. ....	10
Tabla 9. Criterios utilizados para clasificar las parcelas con degradación.....	11
Tabla 10. IMA para cada tipo de plantaciones forestales. ....	12
Tabla 11. Densidad de la madera de acuerdo con los diferentes tipos de plantaciones.....	12
Tabla 12. Factores de expansión, relación biomasa aérea subterránea y fracción de carbono para plantaciones forestales. ....	12
Tabla 13. Factores de remoción para plantaciones forestales. ....	12
Tabla 14. Factores de emisión de bosques y otros usos de la tierra. ....	14
Tabla 15. Factores de emisión por degradación .....	16
Tabla 16. Factores de remoción o absorción de plantaciones forestales.....	17

### **Lista de Figuras**

Figura 1. Comparación de la mediana, media ponderada y estimación Monte Carlo (tC/ha) por estrato .....	8
Figura 2. Mapa de estratos de carbono (T/ha) (GIMBUT 2017).....	9

## 2 FACTORES DE EMISIÓN (FE)

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.

## 3 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 con la ubicación espacial de 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, 2017).

### 3.1 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.

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 1. NÚMERO DE PARCELAS POR TAMAÑO DE PARCELA

Fuente: Gómez, 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 especies<sup>1</sup> para los bosques de manglar.

Especie/Región	Ecuación	Fuente	r2	N	Dmax
<i>Rhizophora mangle</i> L.	$0.178 * DAP^{2.47}$	Imbert and Rollet (1989)	0.98	17	Desconocido
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn.f.	$0.1023 * DAP^{2.50}$	Fromard et al. (1998)	0.97	70	10
<i>Avicennia germinans</i> (L.)	$0.14 * DAP^{2.4}$	Fromard et al. (1998)	0.97	25-45	42.4
<i>Conocarpus erectus</i> L.	$0.1023 * DAP^{2.50}$	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 2. ECUACIONES ALOMÉTRICAS UTILIZADAS.

Fuente: Gómez, 2017

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).

<sup>1</sup> 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.

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

TABLA 3. ECUACIONES UTILIZADAS PARA LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA POR DEBAJO DEL SUELO.

Fuente: Gómez, 2017

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 ómbricos<sup>2</sup>, 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.

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

Fuente: Gómez, 2017

<sup>2</sup> 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.

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 5. AGRUPACIÓN DE LAS MUESTRAS EN DIFERENTES ESTRATOS.**

*Fuente: Gómez, 2017*

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 6, con lo que se logra hacer el cubrimiento nacional.

Estrato	Tipo ómblico	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. Ultra hiperhúmedo	9. Ultra hiperhúmedo

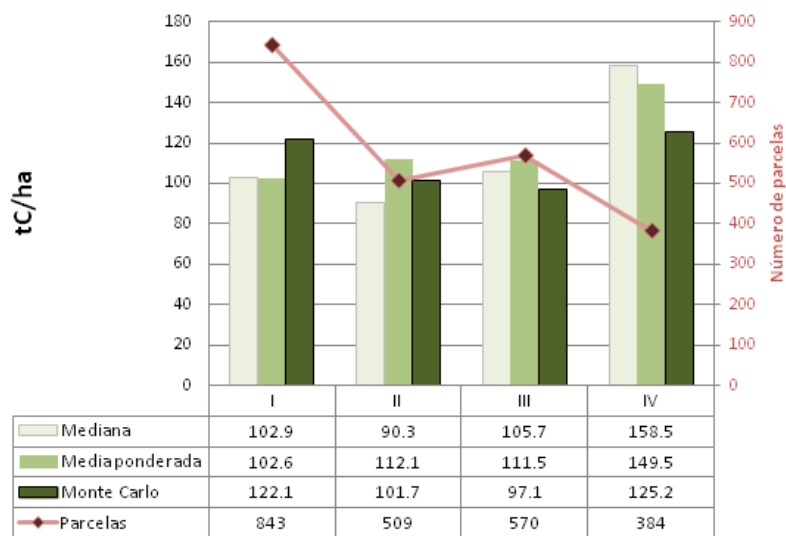
**TABLA 6. ESTRATOS ASIGNADOS A LOS HORIZONTES CON VALORES INSUFICIENTES.**

*Fuente: Gómez, 2017*

Para 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, 2017).

Ya identificadas las FDP realiza simulaciones del contenido de carbono por hectárea obteniendo un mejor estimador y su incertidumbre (Figura 1). 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 1. COMPARACIÓN DE LA MEDIANA, MEDIA PONDERADA Y ESTIMACIÓN MONTE CARLO (TC/HA) POR ESTRATO**

Fuente: 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 7).

Estratos	Mediana	Desviación típica	Incertidumbre (%) <sup>3</sup>
I	122.06	0.187	0.30%
II	101.73	0.553	1.07%
III	97.11	0.459	0.93%
IV	125.19	0.602	0.94%

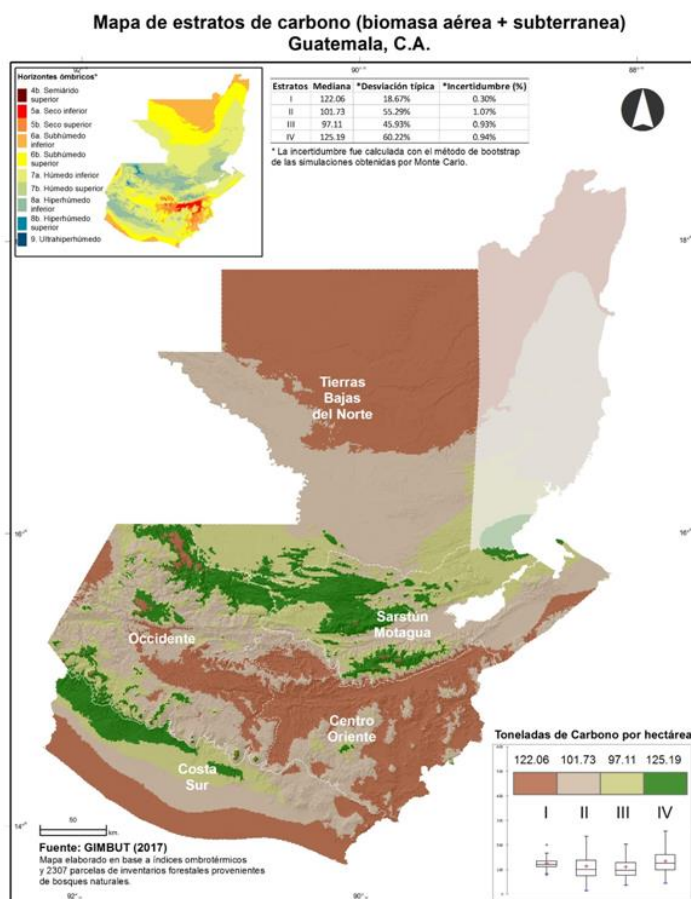
**TABLA 7. VALORES DE CARBONO OBTENIDOS PARA CADA ESTRATO.**

Fuente: Gómez, 2017

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.

<sup>3</sup> 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.





**FIGURA 2. MAPA DE ESTRATOS DE CARBONO (T/HA) (GIMBUT 2017).**

Fuente: Gómez, 2017

A partir de este mapa se obtiene el valor asignado a cada de los polígonos asociados al dato de actividad para identificar el contenido de carbono.

### 3.2 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 obtener 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 8. CARBONO EN LA BIOMASA POSTERIOR A LA CONVERSIÓN POR DEFORESTACIÓN.

#### 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 9. 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 FACTORES DE ABSORCIÓN PARA INCREMENTOS EN ACERVOS DE CARBONO

Los factores de absorción que se usaron para estimar la captura de CO<sub>2</sub> 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 <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
IMA en bosque latifoliado	3.43
IMA en bosque de coníferas	7.88

TABLA 10. 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 <sup>3</sup>
Bosque Latifoliado	0.62
Bosque de Coníferas	0.61

TABLA 11. 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 12. 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 CO<sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> /ha)
Bosque Latifoliado	1.80	6.60
Bosque de conífera	3.25	11.93

TABLA 13. FACTORES DE REMOCIÓN PARA PLANTACIONES FORESTALES.

Descripción del parámetro incluyendo si aplica, la	Factores de emisión de bosque (existencias de biomasa previas a la conversión): Carbono de la biomasa aérea y subterránea para cuatros
--	--

clasificación de los tipos de vegetación:	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 <sub>2</sub> /ha):	Ton C/ha		
Valores del parámetro:	Factores de emisión bosques		
	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		
	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		
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:	Principales fuentes de los datos		
	-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		

	<p>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, 2017)</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 interacciones de montecarlo obteniendo su mediana como la densidad de carbono.</p> <p>-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.</p>
Escala espacial (local, regional, nacional o internacional):	Nacional
Discusión de la incertidumbre clave asociada a este parámetro:	<p>Factores de emisión de bosque</p> <p>-Errores de muestreo de las parcelas</p> <p>-Errores asociados a los modelos alométricos aplicados</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>Factores de emisión de otros usos</p> <p>-Rango de error de los datos por defecto de los valores para cultivos anuales y de especies perennes reportados por el IPCC (2006)</p> <p>-Rango de error de sistemas agroforestales del café obtenido de las desviaciones estándares de los contenidos de carbono de la biomasa aérea y subterránea</p>

**TABLA 14. FACTORES DE EMISIÓN DE BOSQUES Y OTROS USOS DE LA TIERRA.**

Descripción del parámetro incluyendo si aplica, la clasificación de los tipos de vegetación:	<p><b>Factores de emisión para degradación y áreas degradadas que se restauran:</b> 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.</p>							
Unidades (ej. t CO <sub>2</sub> /ha):	Ton C/ha							
Valores del parámetro:	<p>Factores de emisión de degradación por estrato de carbono.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Bosque degradado</th><th>Estratos de carbono (TonC/ha)</th></tr> </thead> <tbody> <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> </tbody> </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><b>Principales fuentes de los datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-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).</li> <li>-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 2016)</li> <li>-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.</li> </ul>							

	-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 15. 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 <sub>2</sub> /ha):	m <sup>3</sup> /ha/año, Ton C/ha /año, Ton CO <sub>2</sub> /ha/año			
Valores del parámetro:	Factores de remoción de bosques			
	Plantación	IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Ton C ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	TonCO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
	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><b>Principales fuentes de los datos</b></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</p>			



	<p>datos que 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 CO<sub>2</sub> con los valores por defecto de la fracción de carbono (0.47) y de CO<sub>2</sub> (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 16. FACTORES DE REMOCIÓN O ABSORCIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES.**

## 6 ANEXO: HERRAMIENTAS DE CÁLCULO Y PROTOCOLOS

El documento técnico en el cual se detalla el enfoque y los resultados del mapa de estratos de carbono se encuentra disponible aquí:  
[https://www.dropbox.com/s/71rw36lkcccnlli/Metodolog%C3%ADa\\_Estratos\\_Carbono.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/71rw36lkcccnlli/Metodolog%C3%ADa_Estratos_Carbono.pdf?dl=0)

La herramienta de cálculo, análisis y reporte de los datos de actividad asociados al mapa de dinámica forestal 2006 - 2016 están disponibles aquí:  
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrJoiZDRhYWM5ZWMTNTVmYi00N2I3LWFjMDEtMTk3ZmNhMDc3NzYk1liwidCI6IjhmYmFhNWJmLTJlY2MtNGRjOC1iNTZiLTNmOTJlMzA3ZjA3NiIsImMiOiR9>

El Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF/NRF) a nivel subnacional de Guatemala está disponible aquí: [https://www.dropbox.com/s/dfc5eapxt1u61t0/NREF\\_Subnacional\\_web.docx?dl=0](https://www.dropbox.com/s/dfc5eapxt1u61t0/NREF_Subnacional_web.docx?dl=0)

La metodología, el enfoque, el análisis estadístico de los factores de emisión estimados para Guatemala en el Marco del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF/NRF) a nivel subnacional está disponible aquí:  
[https://www.dropbox.com/s/4naqh2bopg616r/Factores\\_de\\_Emisi%C3%B3n\\_web.docx?dl=0](https://www.dropbox.com/s/4naqh2bopg616r/Factores_de_Emisi%C3%B3n_web.docx?dl=0)

La herramienta de cálculo, análisis y reporte de los factores de emisión y absorción asociados al mapa de dinámica Forestal 2006 - 2016 de Guatemala están disponibles aquí:  
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrJoiYTk5NjBhMDQtM2RkNC00ZDU4LWlzMtAtZDYxMWYzYTAwZmQyIiwidCI6IjhmYmFhNWJmLTJlY2MtNGRjOC1iNTZiLTNmOTJlMzA3ZjA3NiIsImMiOiR9>

La herramienta de cálculo, análisis y reporte de los estratos de carbono asociados al Mapa de Cobertura Forestal 2016 de Guatemala están disponibles aquí:  
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrJoiZjNhNmlyNjctZDdhZi00ZTdlLTg4MmMtODBiMGQ1MzJkYThjIiwidCI6IjhmYmFhNWJmLTJlY2MtNGRjOC1iNTZiLTNmOTJlMzA3ZjA3NiIsImMiOiR9>

Documento técnico del Inventario Forestal Nacional de Guatemala 2002 - 2003:  
<http://www.fao.org/forestry/23224-015b0b120eb03aa8b646ce6e3095c7a6a.pdf>

## 7 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Gómez Xutuc, 2017. Informe metodológico para la elaboración del mapa de estratos de Carbono de Guatemala.

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.

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](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.

MARN, 2020. Programa de Redacción de Emisiones REDD+ de Guatemala ante el Fondo Cooperativo de Carbono de los Bosques (FCPF).

Mokany, Raison & Prokushkin, 2006. Estimación de la biomasa arbórea en los bosques de África Central utilizando modelos alométricos.

Morales Vargas, A., & Herrera, A. (1994). Estudio tecnológico de la madera en tres especies de mangle. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Managua (Nicaragua) Proyecto Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central, Turrialba (Costa Rica).

ONU-REDD, 2015. Consideraciones técnicas para la elaboración de Niveles de referencia de emisiones forestales/Niveles de referencia forestales en el marco de la CMNUCC. FAO, PNUD, PNUMA.

WorldClim. (s.f.). WorldClim - Global Climate Data. Obtenido de <http://worldclim.org>