

Niveles de Referencia de las Emisiones Forestales  
República de Nicaragua

Julio 2020

# Siglas y Acrónimos

<b>AFOLU</b>	Agricultura, forestería y usos de la tierra
<b>AGB</b>	Biomasa aérea
<b>BCN</b>	Banco Central de Nicaragua
<b>BGB</b>	Biomasa subterránea
<b>CH4</b>	Metano
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
<b>CO2</b>	Dióxido de Carbono
<b>CP</b>	Conferencia de las Partes
<b>CUT</b>	Clase de uso de la tierra
<b>DA</b>	Datos de actividad
<b>FE</b>	Factor de Emisión
<b>FR</b>	Factor de Remoción
<b>FCPF</b>	Forest Carbon Partnership Facility
<b>Gg</b>	Gigagramos
<b>GGE</b>	Google Earth Engine
<b>GRUN</b>	Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
<b>INAFOR</b>	Instituto Nacional Forestal
<b>INETER</b>	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
<b>INF</b>	Inventario Nacional Forestal
<b>INGEI</b>	Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero
<b>IPCC</b>	Panel intergubernamental sobre el cambio climático
<b>MAB</b>	Programa sobre el Hombre y la Biosfera
<b>MARENA</b>	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales
<b>MINED</b>	Ministerio de Educación
<b>Mt</b>	Millones de toneladas
<b>N2O</b>	Óxido Nitroso
<b>NDVI</b>	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
<b>NREF</b>	Niveles de referencia de emisiones forestales
<b>PNDH</b>	Plan Nacional de Desarrollo Humano
<b>PNF</b>	Programa Nacional Forestal
<b>PGR</b>	Procuraduría General del República
<b>RACCN</b>	Región Autónoma de la Costa Caribe Norte
<b>RACCS</b>	Región Autónoma de la Costa Caribe Sur
<b>RE</b>	Reducción de emisiones
<b>REDD</b>	Reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal
<b>SINAP</b>	Sistema Nacional de Áreas Protegidas

# Índice

I.	Introducción .....	1
1.1	Presentación oficial del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales .....	1
1.2	Circunstancias Nacionales .....	2
1.3	Políticas y Programas Pertinentes .....	8
II.	Construcción del Nivel de Referencia.....	10
2.1	Área de contabilidad .....	10
2.2	Período histórico de referencia .....	11
2.3	Actividades incluidas.....	11
2.4	Definición de bosque.....	12
2.4.1	Actividades incluidas .....	12
2.5	Depósitos de carbono y gases de efecto invernadero seleccionados.....	13
2.6	Datos de Actividad .....	14
2.6.1	Categorías de cambio de cobertura .....	15
2.6.2	Diseño de la evaluación visual multitemporal .....	16
2.6.3	Procedimientos de evaluación de calidad / control de calidad .....	17
2.6.4	Estimación de áreas de cambio de cobertura.....	18
2.7	Factores de emisión y remoción.....	29
2.7.1	Factores de emisión por deforestación .....	29
2.7.2	Factores de Remoción .....	30
2.7.3	Factor de emisión por degradación.....	32
III.	Calculo de las emisiones históricas anuales promedio durante el período de referencia .....	38
3.1	Enfoque para la estimación de emisiones y absorciones .....	38
3.2	Nivel de Referencia de Deforestación .....	41
3.3	Nivel de Referencia de Remociones de Carbono.....	42
3.4	Nivel de referencia de degradación forestal. ....	43
3.5	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales.....	43
IV.	Análisis de incertidumbre .....	44
4.1	Datos de Actividad .....	44
4.2	Factores de Emisión por Deforestación .....	45
4.3	Factores de Emisión por Degradación .....	46
4.4	Factores de Remoción .....	46
4.5	Cuantificación de la incertidumbre del Nivel de Referencia.....	48
V.	Consistencia con el INGEI .....	51

5.1	Armonización del NREF e INGEL. ....	51
VI.	Mejoría Gradual del NREF .....	53
VII.	Bibliografía.....	54

## Cuadros

Cuadro 1	Cantidad de Áreas Protegidas Declaradas por Tipo de Categoría de Manejo. ...	4
Cuadro 2	Áreas de bosques y tasas de cambios registrados desde 2000 a 2015 en Nicaragua.....	6
Cuadro 3	Depósitos de carbono incluidos en el NREF de Nicaragua.....	13
Cuadro 5	Clases de cobertura consideradas para la estimación de la deforestación, degradación y regeneración de bosques en el área de contabilidad del Programa de Reducción de Emisiones Forestales de Nicaragua. ....	20
Cuadro 6	Áreas de cambio de uso y cobertura estimadas para el territorio continental de Nicaragua.....	28
Cuadro 8	Densidades de carbono estimadas a partir de los datos del Inventario Nacional Forestal para el territorio continental de Nicaragua (NREF).....	34
Cuadro 9	Factores de emisión estimados para el territorio continental de Nicaragua (NREF) .....	35
Cuadro 10	Promedio de incremento anual y error estándar de AGB reportados por Mascaro et al 2005 en 10 parcelas forestales en Nicaragua. (Adaptado de Moraes, 2001). ....	36
Cuadro 11	Biomasa promedio según estrato de cobertura de dosel estimada a partir del INF de Nicaragua. ....	37
Cuadro 12	Emisiones históricas promedio de carbono por deforestación durante el periodo de referencia (2005-2015) .....	42
Cuadro 13	Incremento de las reservas de carbono en bosques secundarios, durante el período de referencia 2005 - 2015.....	42
Cuadro 14	Estimación de la degradación forestal .....	43
Cuadro 15	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de Nicaragua .....	43
Cuadro 16	Factores de emisión neta por degradación con su respectiva incertidumbre .	46
Cuadro 17	Resumen de los factores de remoción, incertidumbres y fuentes de información. ....	47
Cuadro 20	Valor medio e incertidumbre de la estimación de emisiones forestales netas totales para territorio continental de Nicaragua. ....	49

Cuadro 21 Resultados del análisis de sensibilidad .....	49
Cuadro 22 Correspondencia entre el NREF y el INGEL.....	51

## Figuras

Figura 1 Áreas Protegidas de Nicaragua .....	4
Figura 2 Deforestación histórica de Nicaragua 1969 - 2015 .....	6
Figura 3 Causas de la Deforestación y Degradación Forestal en Nicaragua.....	7
Figura 4 Área de Contabilidad del NREF .....	10
Figura 5 Árbol de decisión para la foto-interpretación de la cobertura de la tierra en el área de contabilidad, utilizando imágenes de alta resolución. ....	25
Figura 6 Árbol de decisión para la foto-interpretación de la cobertura de la tierra en el área de contabilidad, utilizando imágenes de baja resolución.....	26
Figura 7 Figuras A y B corresponden a la clase de cobertura y uso, determinado para el 2005 y el 2015, consignado en los datos de referencia. Figura C: Régimen hídrico y áreas de contabilidad subnacionales del territorio continental de Nicaragua. Figura D: Distribución espacial según interprete de los 5427 puntos de referencia utilizados para la estimación de los datos de actividad del NREF Nacional de Nicaragua. La geobase de datos utilizada para construir estos mapas puede accederse en el siguiente vinculo: <a href="https://www.dropbox.com/s/8kqworz7p0wq1b8/DatosActividad.mxd?dl=0">https://www.dropbox.com/s/8kqworz7p0wq1b8/DatosActividad.mxd?dl=0</a> . ....	27
Figura 8 Distribución de las unidades de muestreo del INF en Nicaragua siguiendo el diseño sistemático de una red mundial de 10´x10´ .....	33
Figura 9 Ejemplo de diseño de la unidad de muestreo del INF de Nicaragua (INAFOR, 2007). ....	33
Figura 10 Relación entre la cubierta forestal de pino y la biomasa. ....	34
Figura 11 Relación entre cobertura de dosel y biomasa (AGB+BGB) en bosques latifoliados de Nicaragua.....	37
Figura 12 Distribución de frecuencias de los resultados de la simulación de Monte Carlo para estimar la incertidumbre del NREF. ....	50

# I. Introducción

## 1.1 Presentación oficial del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

En cumplimiento a los acuerdos establecidos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), Nicaragua a través del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN) y el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), presenta su primer Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF).

La presentación se enmarca en la adopción de las medidas mencionadas en el párrafo 70 de la decisión 1/CP.16, siendo la misma de carácter voluntaria y teniendo como objetivo principal proporcionar una línea de base que permita medir el desempeño de la implementación en el país de las actividades REDD+, de conformidad con las decisiones 9/CP.19, 13/CP.19 (párrafo 2), 14/CP.19 (párrafos 7 y 8) de la CMNUCC.

El NREF de Nicaragua fue construido considerando los lineamientos establecidos por la CMNUCC en su decisión 12/CP.17. El documento ha sido estructurando siguiendo los requerimientos: a) Reportar la información utilizada en la construcción del NREF. b) Transparencia, consistencia y precisión incluida en la información metodológica usada en el momento de construir el NREF. c) Reportar los reservorios, gases y actividades incluidas en el NREF. d) Reportar la definición de bosques utilizada.

El documento expresa los esfuerzos realizados por el país para obtener una línea base que contribuya a cuantificar las emisiones históricas de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) en el sector forestal ocasionadas por el uso y cambio de uso del suelo.

Nicaragua presenta ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), su línea de base de emisiones histórica de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) para el período 2005 - 2015, a fin de que la misma siga el proceso de evaluación técnica, en el contexto de pagos basados en resultados.

## 1.2 Circunstancias Nacionales

Nicaragua es el país más extenso de Centroamérica con una superficie total de 130,327.9 km<sup>2</sup>; de los cuales 120,293.7 Km<sup>2</sup> son tierra firme, 471.9 Km<sup>2</sup> territorio insular, 10,407.6 Km<sup>2</sup> lagos y lagunas, y 148 Km<sup>2</sup> cumbres montañosas de más de 1,000 m, con una población proyectada de 5, 815,524 personas, y una densidad poblacional nacional de 48 habitantes/km<sup>2</sup>. El 57% de la población vive en áreas urbanas y el 43% en áreas rurales.

Fisiográficamente el país se encuentra subdividido en tres Macro Regiones con características geomorfológicas bien definidas que son:

La Región Pacífico: comprende una extensa llanura que se encuentra paralela a la costa litoral y abarca los dos grandes lagos del país: el Lago Xolotlán o de Managua y el Lago Cocibolca o de Nicaragua. En esta región se ubica la Cadena Volcánica de los Maribios, donde actualmente existen volcanes activos como son el San Cristóbal, Telica, Cerro Negro, Momotombo, Masaya y Concepción.

La Región Central: está compuesta por una zona geomorfológica llamada Tierras Altas, ubicada en la franja central del territorio que conforma el escudo montañoso, formada por una antigua meseta volcánica, muy erosionada y fracturada. Se caracteriza por su relieve accidentado, pequeños valles intramontanos con elevaciones que oscilan entre los 1,500 msnm y 2,000 msnm, por donde drenan los principales ríos hacia el mar caribe, océano pacífico y/o lagos.

La Región Caribe: corresponde geomorfológicamente a la planicie costera del caribe, constituida por una amplia llanura aluvial que desciende gradualmente del sistema montañoso central hasta disiparse junto al litoral. Presenta un relieve uniforme, sin grandes accidentes topográficos que van desde fuertemente ondulado en las áreas de transición, entre las estribaciones de las montañas, hasta muy plano en las planicies cerca del mar.

Según las características ambientales de Nicaragua, ésta se divide en tres Regiones Ecológicas bien definidas que albergan 21 Formaciones Vegetales Zonales del Trópico y 6 Azonales y alberga el 7% de la biodiversidad del mundo. Cuenta con un Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), compuesto por 72 áreas protegidas (64 terrestres y ocho marinas-costeras); las cuales están constituidas en nueve categorías de manejo que representan el 25.5% del territorio nacional.

Nicaragua es un país con alta diversidad cultural y multiétnica. La población se compone de Mestizos, Miskitos, Ramas, Creoles, Afrodescendientes, Mayangnas, Ulwas, Nahoas, Xius y Chorotegas. La población total se estima en 6 millones de habitantes y un ritmo de crecimiento promedio poblacional de 1.0 por ciento anual de los cuales Del total de la población el 70% se considera mestiza y 30% de origen indígena y afrodescendientes (INIDE 2015).

El país cuenta con el Plan Nacional de Desarrollo Humano de Nicaragua (PNDH) 2012-2016<sup>1</sup>, el cual guía todas las estrategias, políticas, programas y proyectos del país. Uno de los pilares del PNDH es la protección de la “Madre Tierra”, en el cual se plantea la necesidad de reforzar el respeto por la naturaleza y la restauración de hábitats perdidos, al tiempo que se alivia la pobreza en el país.

Ante las condiciones actuales de la sistemática pérdida de los bosques naturales, la alta vulnerabilidad y la exposición recurrente a eventos extremos climatológicos, Nicaragua procura mantener como prioridad la adaptación, la mitigación y la gestión de impactos por el cambio climático, con el fin de asegurar minimizar las pérdidas y daños, así como para mantener el desarrollo sostenible del país para las presentes y futuras generaciones.

### **Sistema Nacional de Áreas Protegidas**

En Nicaragua existen un Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), compuesto por 72 áreas protegidas (64 terrestres y ocho marinas-costeras); las cuales están constituidas en nueve categorías de manejo que representan el 25.5% del territorio nacional. Las categorías de manejo fueron asignadas en función de la valoración de las características biofísicas y socioeconómicas del área a preservar y los objetivos de conservación identificados en ella, con el propósito de aplicar las medidas necesarias para preservar, mejorar, mantener, rehabilitar y restaurar las poblaciones y los ecosistemas sin afectar su aprovechamiento. En el cuadro 1 presenta la cantidad de áreas protegidas declaradas hasta la fecha por categoría de manejo en orden de mayor a menor grado de restricción.

Además, existen tres áreas reconocidas internacionalmente por el Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB) de la Red Mundial de Reserva de Biosfera de la UNESCO:

- La Reserva de Biosfera Bosawás: ubicada en la Región Caribe e incluye siete áreas protegidas declaradas a través de la Ley 407, aprobada el 14 de noviembre del 2001.
- La Reserva de Biosfera del Sureste de Nicaragua o Río San Juan de Nicaragua: ubicada en la Región Caribe e incluye ocho áreas protegidas declaradas a través del Decreto No. 66-99, aprobado el 31 de mayo de 1999.
- La Reserva de Biosfera Isla de Ometepe: ubicada en la Región Pacífico e incluye tres áreas protegidas declaradas a través de la Ley 833, aprobada el 8 de marzo del 2013

Nicaragua también cuenta con 107 Reservas Silvestres Privadas que son áreas de conservación y protección, que de forma voluntaria sus propietarios se han integrado al SINAP y son reconocidos por MARENA a través de resoluciones ministeriales. Como parte de la gestión ambiental local, los municipios, a través de ordenanzas municipales en alianza con el MARENA han declarado 22 Parques Ecológicos Municipales. (Cuadro 1)

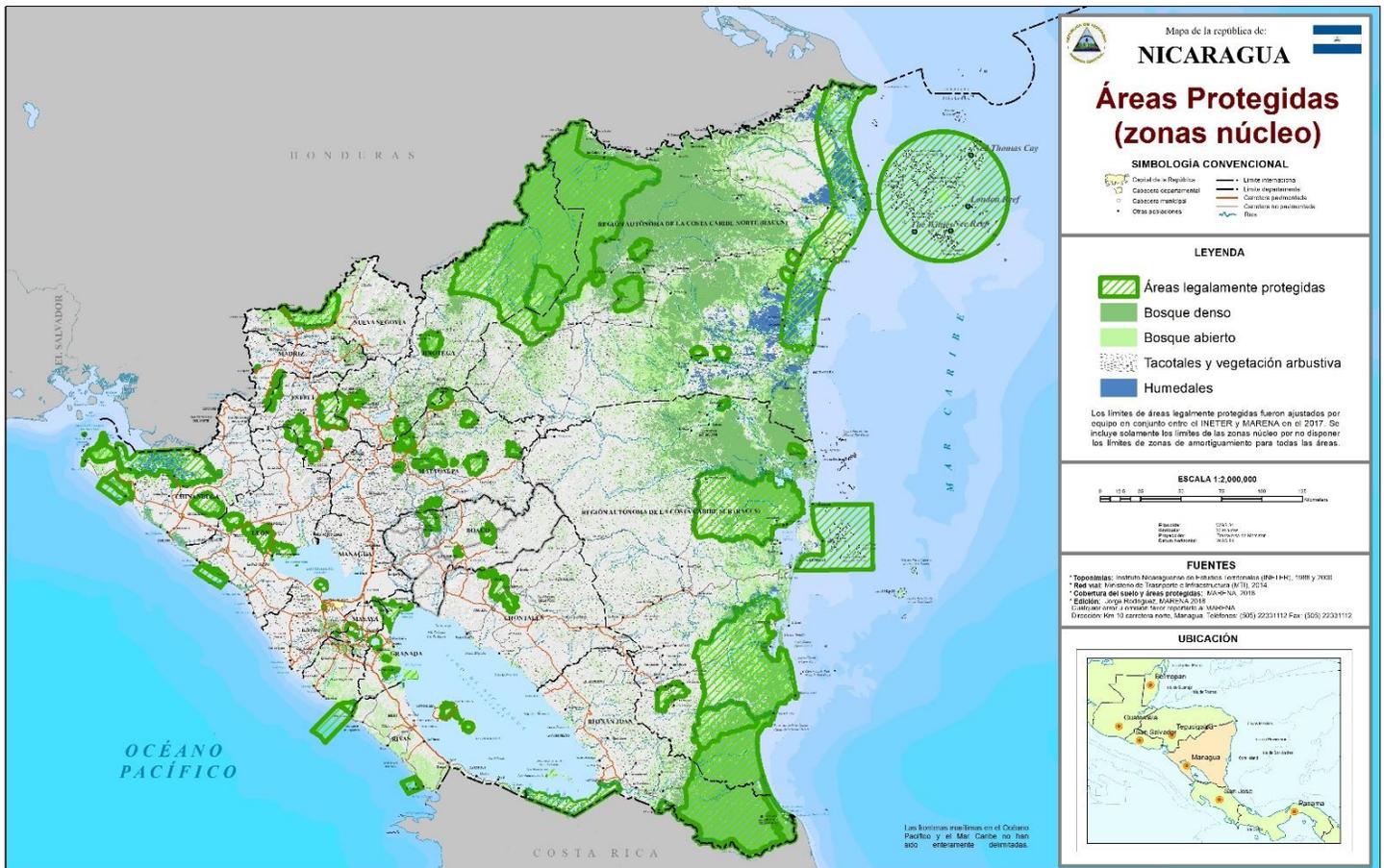
---

<sup>1</sup> El PNDH actualmente se encuentra vigente, su nueva versión 2017-2021 está en proceso de actualización.

Cuadro 1 Cantidad de Áreas Protegidas Declaradas por Tipo de Categoría de Manejo.

Cantidad de Áreas Protegidas Declaradas por Tipo de Categoría de Manejo	
Categoría de Manejo	Cantidad de Áreas Declaradas
Reserva Biológica	1
Parque Nacional	4
Monumento Histórico	1
Monumento Nacional	2
Refugio de Vida Silvestre	7
Reserva de Recursos Genéticos	2
Reserva Natural	53
Paisaje Terrestre Protegido	1
Reserva Biológica Marina	1
<b>Total</b>	<b>72</b>

Figura 1 Áreas Protegidas de Nicaragua



## **Rol de los recursos naturales y forestales en el desarrollo del país**

Nicaragua cuenta con una riqueza privilegiada de recursos naturales que contribuye significativamente al crecimiento económico y a la seguridad alimentaria y energética. El 60% del territorio nacional es de vocación forestal con más de veinte ecosistemas variados, ricos en biodiversidad, fauna y flora. La red hidrográfica la integran 80 ríos que conforman 21 cuencas. Los recursos naturales son la base de sectores clave en la economía del país, tales como el sector agricultura que aporta 8.6 por ciento del PIB, sector pecuario con 6.8% del PIB, energía 2.3%, turismo 4.3% y forestal 0.9% (BCN 2015)<sup>2</sup>.

El potencial del sector forestal de contribuir al desarrollo humano de la población nicaragüense es alto, pero actualmente es subutilizado. En términos económicos, el sector forestal contribuye con el 1% del Producto Interno Bruto. Sin embargo, la base de los recursos forestales de Nicaragua son los bosques naturales (latifoliados y coníferas) y plantaciones. En 2015 se estimó el área total de bosques en 3.4 millones de hectáreas (ha) que representan el 30% del área total del país. La contribución del sector forestal al desarrollo de los pueblos indígenas es incalculable, debido a que sus medios de vida están intrínsecamente relacionados al bosque y el 70% de los bosques naturales están en territorios indígenas (INAFOR 2009).

En el tercer Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (INGEI) con año de referencia 2010, las principales fuentes de emisiones de CO<sub>2</sub> fueron del sector agricultura, forestería y usos de la tierra (AFOLU) con 10,364 Gg CO<sub>2</sub>e. Las emisiones fueron generadas debido a que la mayoría de los bosques naturales han sido convertidos a pasturas para la producción ganadera durante 2000 a 2010 (MARENA 2012, MARENA 2017).

### **Motores y localización de la deforestación y degradación forestal**

A nivel nacional se identificaron 6 tipos de bosque según su composición biológica: bosque de palma, bosques de pino abierto, bosque de pino cerrado, bosque latifoliado abierto, bosque latifoliado cerrado y manglar.

Según los mapas de cobertura de suelo 2000, 2005, 2010 y 2015 elaborados por INETER - MARENA 2017, entre el 2000 y el 2010, el bosque latifoliado cerrado se disminuyó de 3 millones de ha a 2.2 millones de ha. Para el período 2010 a 2015 el bosque latifoliado abierto pasó de 1,8 millones de ha a 1.2 millones de ha. El bosque de pino cerrado se redujo a más de la mitad en la década del 2000 al 2010, pasando de 136 mil a 51 mil ha.

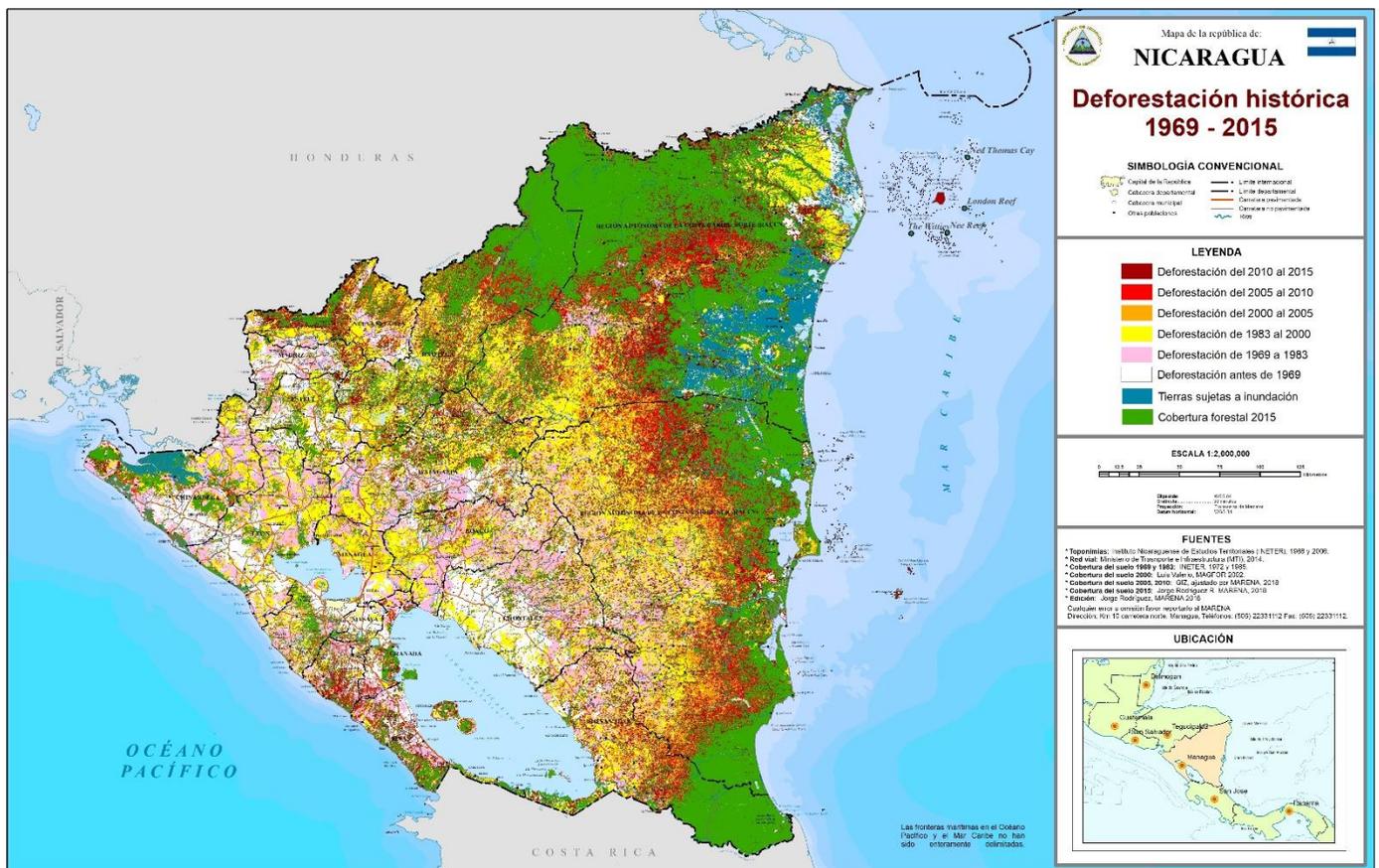
---

<sup>2</sup> Banco Central de Nicaragua 2015. Cuenta Satélite de Turismo de Nicaragua 2014. Managua, Nicaragua. 6 p.

Cuadro 2 Áreas de bosques y tasas de cambios registrados desde 2000 a 2015 en Nicaragua

Tipos de Bosques	Tasas de cambio (%) y Deforestación anual (ha/año)							
	Áreas (ha)				2000-2015		2005-2015	
	2000	2005	2010	2015	%	ha/año	%	ha/año
Bosque latifoliado cerrado	3,056,482	2,626,253	2,286,964	2,166,721	-0.023	-49,131.723	-0.019	-50,031.46
Bosque latifoliado abierto	1,870,726	1,435,261	1,306,262	1,317,414	-0.023	-30,440.082	-0.009	-12,244.17
Bosque de pino cerrado	136,828	68,432	51,282	100,177	-0.021	-2,060.739	0.039	2,658.29
Bosque de pino abierto	171,216	198,486	185,376	163,663	-0.003	-491.536	-0.019	-3,792.30
Manglares	103,454	111,451	111,343	98,186	-0.003	-341.539	-0.013	-1,403.39
Bosque de palma	110,678	105,978	108,030	92,509	-0.012	-1099.329	-0.014	-1,430.75
<b>Totales</b>	<b>5,449,384</b>	<b>4,545,859</b>	<b>4,049,257</b>	<b>3,938,669</b>	<b>-0.085</b>	<b>-83,565</b>	<b>-0.034</b>	<b>-66,244</b>
% área del país	<b>41.80</b>	<b>34.87</b>	<b>31.06</b>	<b>30.21</b>				

Figura 2 Deforestación histórica de Nicaragua 1969 - 2015

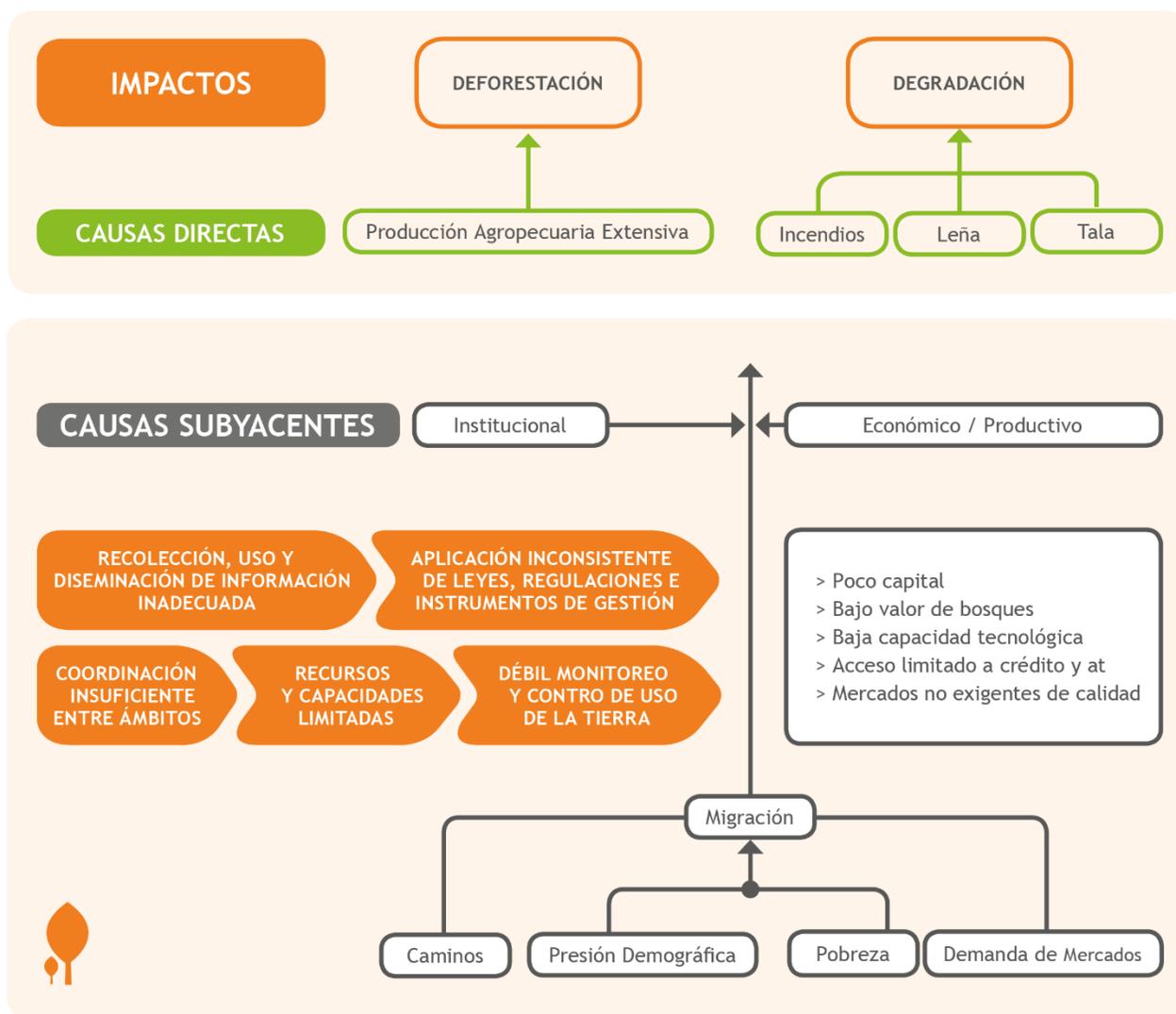


Al evaluar los cambios de uso del suelo por deforestación durante 2005-2015, las mayores tasas de cambio porcentuales se encontraron en municipios de RACCN, RACCS que pertenecen a la Costa Caribe. En la región del Pacífico las mayores tasas de deforestación

se encontraron en los departamentos de Carazo y Rivas; y en la región Centro-Norte se presentaron las mayores tasas en los departamentos de Nueva Segovia, Dipilto, Ocotal, Macuelizo, Santa María, Ciudad Antigua, San Juan del Río Coco.

La deforestación y degradación forestal son procesos causados por múltiples factores, que pueden ser motores desencadenantes<sup>3</sup>. Por esta razón, diversos estudios clasifican las causas DyD en causas directas e indirectas o subyacentes<sup>4</sup>. Se identificaron dos (2) causas directas de la deforestación en Nicaragua, vinculada a la ampliación de la frontera agrícola y la ganadera extensiva.

Figura 3 Causas de la Deforestación y Degradación Forestal en Nicaragua



<sup>3</sup> Estudio de las causas de la deforestación y la degradación forestal en Nicaragua La problemática de las existencias de carbono forestal en el marco de la estrategia ENDE-REDD+ (2018)

<sup>4</sup> Geist and Lambin (2002), Kanel (2004).

### 1.3 Políticas y Programas Pertinentes

Nicaragua es un país centroamericano con una población de alrededor de 6 millones de habitantes y un ritmo de crecimiento poblacional de 1.0 por ciento anual (BCN 2015). El índice de pobreza es de 42 por ciento, con una de cada siete personas viviendo en extrema pobreza. Las áreas rurales de Nicaragua albergan a la mayoría de los pobres (65%) y de los extremadamente pobres (80%), cuyos medios de vida dependen en gran medida de agricultura de subsistencia, bosques y recursos naturales (BCN 2015).

El Plan Nacional de Desarrollo Humano de Nicaragua (PNDH) establecido para 2012-2016 guía todas las estrategias, políticas, programas y proyectos del país. El PNDH busca reforzar el respeto por la naturaleza y la restauración de hábitats perdidos, al tiempo que se alivia la pobreza extrema. Uno de los pilares del PNDH es la protección de la “Madre Tierra” y para implementarlo, el gobierno ha elaborado la Estrategia Nacional Ambiental y del Cambio Climático que responde a la necesidad primordial de adaptarse al cambio climático, para abordar los impactos de las frecuentes sequías, inundaciones y otros eventos extremos sobre los modos de vida local y la economía. Por tanto, debido a la alta vulnerabilidad del país ante eventos extremos (German Watch 2014), la adaptación ante el cambio climático ha sido considerada prioritaria para el desarrollo sostenible de Nicaragua (MARENA 2010).

En correspondencia a esta política, el gobierno de Nicaragua está implementando los siguientes planes, programas y proyectos:

- **Programa Nacional Forestal (PNF):** versión del 2010, aplica criterios de diferentes iniciativas internacionales sobre bosques y tiene por objeto mejorar la calidad de vida de la población, principalmente pequeños y medianos productores agropecuarios y forestales, pueblos indígenas y comunidades étnicas. El programa busca promover la conservación del medio ambiente, la producción sustentable, así como la seguridad y soberanía alimentaria bajo un enfoque de ordenamiento territorial. Este programa está siendo implementado a través de varios instrumentos de planificación, incluyendo el Plan Nacional de Reforestación, el Plan Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales, y la Estrategia Nacional de Leña y Carbón (2011-2021). Actualmente se encuentra en proceso de actualización, el cual incorpora los lineamientos de la Estrategia Nacional de Deforestación Evitada.
- **Plan Nacional de Reforestación:** lanzado en 2007, el objetivo del plan es sensibilizar a la población sobre la importancia de revertir el proceso de deforestación, incrementar la cobertura forestal, y mantener/mejorar la producción de servicios ambientales que proveen los bosques, incluyendo el almacenamiento de carbono. Las campañas de reforestación que se implementan bajo este plan, conocidas como cruzadas de reforestación, son implementadas por el Instituto Nacional Forestal (INAFOR) y MARENA. Durante 2007-2015 se reforestaron 1, 236,878 hectáreas.

- **Plan Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales:** estos son instrumentos renovados anualmente que articulan esfuerzos estratégicos interinstitucionales coordinados en una comisión que integra instancias como el CD-SINAPRED, INAFOR, MARENA, Defensa Civil, Ministerio de Educación (MINED), Bomberos, Procuraduría General del República (PGR) y Policía Nacional (PN).
- **Estrategia Nacional de Leña y Carbón:** Esta estrategia iniciada en 2011, se fundamenta en la producción sostenible a través del establecimiento gradual de plantaciones forestales energéticas; sistemas agroforestales y silvo-pastoriles la promoción del uso racional y eficiente de la leña y carbón vegetal.
- **Estrategia Nacional Ambiental y del Cambio Climático:** Este instrumento se basa en fortalecer la educación ambiental para la vida; defensa y protección ambiental de los recursos naturales; conservación, recuperación, captación y cosecha de agua; mitigación, adaptación y gestión de riesgo ante el cambio climático; manejo sostenible de la tierra.



## 2.2 Período histórico de referencia

El período 2005-2015 ha sido seleccionado como el período de referencia para asegurar la consistencia con el nivel de referencia del Programa de Reducción de Emisiones sometido al FCPF.

Este período cumple con los requisitos del Marco metodológico del FCPF, relacionados con la fecha de finalización del período seleccionado, la cual debe ser dentro de los dos años posteriores a la primera misión del Comité Técnico Asesor, en este caso, 2017.

La elección del período 2005-2015 también es apropiada porque las tasas de cambio en el uso de la tierra son más estables durante este período de tiempo que en períodos anteriores.

## 2.3 Actividades incluidas

La deforestación, degradación y el incremento de las reservas forestales de carbono son las actividades incluidas en el nivel de referencia (párrafo 70 decisión 1/CP16<sup>5</sup>). Se consideran las principales fuentes de emisiones y remociones, en el área contable y para las cuales hay información confiable, disponible de acuerdo a las capacidades nacionales existentes y siguiendo las orientaciones de las decisiones 12/CP17, párrafo 10<sup>6</sup> y párrafo c del anexo<sup>7</sup>. Las emisiones y remociones de carbono en tierras de conservación pública y privada o bajo manejo forestal, están incluidas en las estimaciones de emisiones de deforestación y degradación forestal; así como también en el cálculo de remociones en bosques que permanecen como bosque y tierras convertidas en tierras forestales.

**Emisiones por deforestación:** La deforestación es la principal fuente de emisiones en el área contable debido a la magnitud de las reservas de carbono involucradas. El promedio anual de emisiones debido a esta fuente es de 14.45 Mt CO<sub>2</sub>-e \* año<sup>-1</sup>.

---

<sup>5</sup> 70. Alienta a las Partes que son países en desarrollo a contribuir a la labor de mitigación en el sector forestal adoptando las siguientes medidas, a su discreción y con arreglo a sus capacidades respectivas y sus circunstancias nacionales:

- a) La reducción de las emisiones debidas a la deforestación;
- b) La reducción de las emisiones debidas a la degradación forestal;
- c) La conservación de las reservas forestales de carbono;
- d) La gestión sostenible de los bosques;
- e) El incremento de las reservas forestales de carbono;

<sup>6</sup> 10. Agrees that a step-wise approach to national forest reference emission level and/or forest reference level development may be useful, enabling Parties to improve the forest reference emission level and/or forest reference level by incorporating better data, improved methodologies and, where appropriate, additional pools, noting the importance of adequate and predictable support as referenced by decision 1/CP.16, paragraph 71;

<sup>7</sup> (c) Pools and gases, and activities listed in decision 1/CP.16, paragraph 70, which have been included in forest reference emission levels and/or forest reference levels and the reasons for omitting a pool and/or activity from the construction of forest reference emission levels and/or forest reference levels, noting that significant pools and/or activities should not be excluded;

**Emisiones por degradación:** Las emisiones por degradación forestal se estiman utilizando los mejores datos disponibles. Las emisiones derivadas de la degradación de los bosques se calculan a partir de la estimación del cambio en la cobertura de dosel, en tierras forestales que permanecen como tales, mediante parcelas de evaluación visual multitemporal. El promedio anual de emisiones de esta fuente es de 2.33 Mt CO<sub>2</sub>-e\*año<sup>-1</sup>.

**Incremento de las reservas forestales de carbono:** Se incluye la remoción de carbono en tierras convertidas en tierras forestales. Esta estimación no incluye la acumulación de carbono en bosque secundarios existentes previamente establecidos antes del 2005. Las plantaciones forestales forman parte de esta subcategoría. El promedio anual de remociones de esta fuente es de -2.35 MtCO<sub>2</sub>-e\*año<sup>-1</sup>.

## 2.4 Definición de bosque

La definición de bosque utilizada por Nicaragua es la misma que ha sido usada en el contexto del Programa de Reducción de Emisiones Forestales: "Área continua, igual o mayor a 1 hectárea, con una cubierta arbórea igual o mayor al 30%, y una altura promedio del árbol mayor de 4 metros. Esta definición incluye ecosistemas de bambú, manglares, palmas naturales, bosques secos, vegetación ribereña y cultivos permanentes con árboles de sombra".

De acuerdo a esta definición, no se consideran como bosque las áreas cubiertas con vegetación secundaria natural y/o árboles aislados, combinadas o no con áreas agropecuarias, que no alcanzan el mínimo de 30% de cobertura de dosel, tales como los "tacotales", pasturas arboladas, sabanas naturales, humedales o bosques abiertos.

### 2.4.1 Actividades incluidas

- **Deforestación.**  
Eliminación inducida por el hombre del bosque que sobrepasa el umbral del 30% de cobertura de dosel establecido en la definición de bosque. La eliminación de cobertura es a largo plazo o permanente, y resulta en un uso de la tierra no forestal.
- **Degradación.**  
Eliminación inducida por el hombre de la cobertura del dosel del bosque que No sobrepasa el umbral del 30% de cobertura dosel establecido en la definición de bosque. La eliminación de dosel es temporal, y No resulta en un cambio de uso del suelo.
- **Incremento de reservas forestales de carbono.**  
Recogida de carbono de la atmosfera en reservas forestales de carbono, producto de la conversión de tierras no forestales a bosque, incluyendo el re-establecimiento de bosques con una cobertura de copas mayor a 30%, por medios naturales y artificiales en terrenos deforestados. Asimismo, incluye el establecimiento de

sistemas agroforestales con cobertura arbórea mayor al 30%, en tierras previamente deforestadas.

## 2.5 Depósitos de carbono y gases de efecto invernadero seleccionados

Nicaragua ha estimado su NREF considerando los reservorios que cuentan con datos nacionales y mediciones de campo generadas por el Inventario Nacional Forestal.

La biomasa aérea es el sumidero principal incluido en el nivel de referencia (aproximadamente el 80% de las emisiones forestales). Los valores se basan en el Inventario Forestal Nacional realizado por INAFOR. La biomasa subterránea de los bosques se calcula utilizando la ecuación de Cairns et al. (1997)<sup>8</sup>.

La hojarasca, la madera muerta, ni la materia orgánica en suelo, estarán incluidas en el nivel de referencia. El nivel de referencia no incluye las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub> o N<sub>2</sub>O).

El Nivel de referencia no incluye las emisiones de gases no CO<sub>2</sub> resultantes de incendios forestales. Aún cuando hay información representativa a nivel nacional, los datos históricos disponibles no son espacialmente explícitos. Por lo tanto, no es posible estimar por separado el efecto de los incendios en tierras forestales convertidas a otros usos ni en bosques que permanecen como bosques. En todos los casos, el Nivel de Referencia contabilizará las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub>.

*Cuadro 3 Depósitos de carbono incluidos en el NREF de Nicaragua*

Depósitos de Carbono	Incluido	Justificación
Biomasa aérea	Si	La biomasa aérea es el sumidero principal incluido en el nivel de referencia, y representa aproximadamente el 80% de las emisiones forestales. Los valores se basan en el Inventario Forestal Nacional realizado por INAFOR.
Biomasa subterránea	Si	La biomasa subterránea de los bosques y la vegetación secundaria joven ("tacotales") se calcularon utilizando la ecuación de Cairns et al. (1997).
Hojarasca	No	El Inventario Forestal Nacional de Nicaragua no incluye datos sobre hojarasca. No fue posible identificar, en la literatura científica, datos de mediciones directas, realizadas en el país para las categorías relevantes de cobertura de la tierra, desagregadas por depósito de

<sup>8</sup> Nicaragua preparó un Nivel de Referencia a nivel subnacional para la Región Costa Caribe de Nicaragua, para el Programa de Reducción de Emisiones sometido al Fondo de Carbono del FCPF. Para este NR se utilizó Cairns et al (1997) para la estimación de la BGB. Para garantizar la consistencia entre el NR de la Costa Caribe de Nicaragua y el NR nacional se mantuvo el uso de Cairns et al (1997) para la estimación de BGB en el NR nacional.

		carbono y con su respectiva incertidumbre. Este componente no está incluido en el nivel de referencia.
Madera muerta	No	El Inventario Forestal Nacional de Nicaragua no incluyó datos sobre madera muerta que podrían utilizarse de manera consistente para todas las categorías de cobertura de la tierra consideradas en el NREF. Como resultado, se excluye la madera muerta.
Materia orgánica del suelo	No	El Inventario Forestal Nacional de Nicaragua no incluye datos sobre materia orgánica del suelo. No fue posible identificar, en la literatura científica, datos de mediciones directas, realizadas en el país para las categorías relevantes de cobertura de la tierra, desagregadas por depósito de carbono y con su respectiva incertidumbre. Este componente no está incluido en el nivel de referencia. La inclusión del reservorio de materia orgánica y carbono en suelo en el NREF se ha planificado como parte de la mejoría gradual.

## 2.6 Datos de Actividad

Los datos de actividad se calculan comparando la cobertura al inicio y final del periodo de referencia (2005-2015). No se calculan datos de actividad para periodos intermedios dentro del periodo de referencia. El cambio anual en tierras forestales que pasan a otras tierras y la degradación en tierras que permanecen como tierras forestales se estiman dividiendo el área de cambio entre la totalidad de años del periodo de referencia.

La estimación de datos de actividad (deforestación, degradación e incremento de reservas de carbono forestal) se realizó mediante un ejercicio de evaluación visual multitemporal, utilizando una malla sistemática de parcelas de evaluación visual anidadas en la red del Inventario Nacional Forestal 2007-08 (cuadrícula de 10' x 10'). Para todo el territorio continental de Nicaragua, se preparó una cuadrícula de 2.5'x2.5' (4.5 - 4.8 km aproximadamente).

La base metodológica del Inventario Nacional Forestal proviene del Programa de Monitoreo y Evaluaciones Nacionales Forestales de la FAO. Para el diseño sistemático, se utilizó la rejilla mundial establecida por FAO, donde cada unidad de muestreo se ubica cada 10 minutos en latitud y 10 minutos en longitud (aproximadamente cada 18 Km) (Instituto Nacional Forestal, 2009). La malla de 10' fue transformada de coordenadas geográficas a coordenadas WGS84/UTM 17N. Luego se intensificó la malla mediante el cálculo de puntos intermedios entre las filas (Este) y las columnas (Norte) de los puntos originales de la malla. Esto con el fin de que la malla intensificada estuviese debidamente anidada en la malla original de FAO.

Se realizó un ejercicio de evaluación visual multitemporal 2005-2015 (en ArcGIS y Collect Earth) utilizando imágenes de alta resolución y resolución media (de Google Earth y Bing Maps y otras colecciones disponibles: Spot y RapidEye) sobre la malla sistemática, utilizando parcelas de evaluación visual de 90 x 90 m (equivalente a 3 x 3 píxeles Landsat) y una rejilla interna de 3 x 3 (dentro de cada parcela de 90 x 90 m) para medir la cobertura de cada elemento<sup>9</sup>.

Nicaragua cuenta con mosaicos Landsat y Rapide Eye que no pudieron ser levantados correctamente en Google Earth para ser utilizados juntamente con Collect Earth Desktop. Por tal razón, en Open Foris Collect, se construyó el formulario de evaluación visual para el Área de Contabilidad y se exportó la malla de muestreo con las parcelas y puntos en formato KML. En ArcGIS se importa la malla de evaluación con las parcelas y respectivos puntos, conjuntamente con los mosaicos Landsat, Rapide Eye e imágenes de alta resolución disponibles en ArcGIS, para realizar la evaluación visual multitemporal de la cobertura de la tierra. El registro de los datos se hizo directamente sobre la tabla de atributos en ArcGIS.

### **2.6.1 Categorías de cambio de cobertura**

Un total de 44 categorías de cambio son consideradas en el nivel de referencia. Los cambios de cobertura se desglosan según el nivel de degradación y tipos de cobertura no forestal (vegetación leñosa y no leñosa) (Ver Cuadro 5).

Se incluye como bosque la Categoría de Cultivos perennes con cobertura de dosel mayor a 30%. Se consideran todas las transiciones de bosque latifoliado, bosque seco o pino a cultivo permanente arbolado. Se desestima la transición de cultivo permanente arbolado a vegetación leñosa (de los 5427 puntos de evaluación solamente 1 punto fue clasificado en esta transición) debido a que estos cambios pueden corresponder al manejo de la sombra en los cultivos. Así mismo, tampoco fueron consideradas las transiciones que corresponden a puntos sin información o bien cambios de otras tierras a Agua y viceversa.

Se subdividen los bosques latifoliados y coníferas en dos categorías de cobertura de dosel (> 70% y 30-69%). Posteriormente, utilizando el mapa de referencia de régimen

---

<sup>9</sup> Este abordaje metodológico sustituye la estimación de las áreas de cambio a partir de la combinación de datos de mapas y datos de referencia (Olofsson et al, 2014), por la estimación directa de áreas de cambio a partir de solamente datos de referencia, obtenidos a partir de una malla sistemática de puntos (SYS). De acuerdo a GFOI (2018), los países están progresivamente utilizando el muestreo de referencia para estimar áreas. Una compilación del enfoque seguido por los países en sus Niveles de referencia forestal presentados a la CMNUCC o al Fondo de colaboración para el carbono de los bosques (FCPF), muestra que actualmente, 17 de las 35 presentaciones utilizan el muestreo para estimar los datos de actividad. Asimismo, el papel de los datos de referencia, también caracterizados como datos de evaluación de precisión, es servir de base para las estimaciones de área. Es decir, si los datos de referencia son la mejor evaluación de las condiciones del suelo, estos datos proporcionan la mejor información disponible para estimar el área. La función principal del mapa en este contexto es reducir los errores estándar (incertidumbre) de las estimaciones de área basadas en los datos de muestra de referencia. Además, las estimaciones de área producidas a partir de los datos de referencia van acompañadas de estimaciones de incertidumbre, proporcionando así la información necesaria para la construcción de intervalos de confianza para el cumplimiento de la orientación de buenas prácticas del IPCC.

hídrico de Nicaragua, los bosques latifoliados son estratificados en i. Bosques húmedos y muy húmedos y ii. Bosques Secos. No se consideran como bosque las áreas cubiertas con vegetación secundaria natural y/o árboles aislados, combinadas o no con áreas agropecuarias, que no alcanzan el mínimo de 30% de cobertura de dosel, tales como los “tacotales”, pasturas arboladas, sabanas naturales, humedales o bosques abiertos.

Para disminuir el número de transiciones a estimar, las categorías No-Forestales fueron agrupadas en tres categorías: vegetación leñosa húmeda, vegetación seca leñosa y vegetación no leñosa. La malla sistemática de puntos de evaluación de cobertura (5,427 puntos), utilizada en la estimación de los datos de actividad, no es lo suficientemente densa como para obtener estimaciones con una incertidumbre adecuada (<30% de error), para todas las categorías de cambio, especialmente para las transiciones poco comunes. En el Cuadro 5 se detalla la agrupación de las categorías de cobertura REDD para la estimación de datos de actividad y factores de emisión.

### 2.6.2 Diseño de la evaluación visual multitemporal

En la evaluación visual se adoptaron las siguientes indicaciones relacionadas con el diseño de respuesta:

- Unidad de evaluación espacial: como unidad de evaluación espacial se utiliza una parcela de 90x90 metros (que corresponde a 3x3 píxeles de Landsat) y que se interpreta mediante una malla de 3x3 puntos (9 puntos en total) dentro de cada parcela. La malla de 3x3 píxeles es la que más se acerca a 10% ( $1/3 = 11\%$ ), que es la unidad mínima de cobertura arbórea que se requiere identificar. En una malla de 4x4, 2 puntos alcanzan 12.5% y si se utiliza una malla de 5x5 píxeles la aproximación a 10% sería 12% ( $3/25=12\%$ ).
- Fuentes de datos de referencia: para el 2005 y 2015, se utilizan como fuente de datos de referencia el repositorio de imágenes de alta resolución disponible a través de Google Earth, Bing, así como imágenes Landsat, Sentinel, Spot y Rapyd Eye.
- Protocolo de clasificación de referencia<sup>10</sup>: Se sigue el protocolo establecido para la estimación del nivel de referencia del Programa de Reducción Emisiones. Esto con el fin de reducir la incertidumbre de la clasificación, con especial atención en: a) El sesgo asociado registro espacial de la ubicación de referencia, b) El sesgo del intérprete, o error en la asignación de la clase de referencia a la unidad espacial; y c) La variabilidad del intérprete que es una diferencia entre la clase de referencia

---

<sup>10</sup> El protocolo de evaluación visual de la cobertura de la tierra en Nicaragua puede accederse en el siguiente vínculo:

<https://www.dropbox.com/s/c7m0kvd00nc3zy6/Propuesta%20metodol%C3%B3gica%20para%20la%20actualizaci%C3%B3n%20del%20NREF%20del%20Programa%20de%20Reducci%C3%B3n%20de%20Emisiones%20de%20Nicaragua.docx?dl=0>

asignada a la misma unidad espacial por diferentes intérpretes (es decir, la variabilidad del intérprete es el complemento entre el acuerdo entre intérpretes).

- Clasificaciones de referencia: Las categorías de cobertura de la tierra que se utilizan en la evaluación visual se consignan en el cuadro 4. Estas clases en su mayoría son consistentes con las establecidas en el Inventario Nacional Forestal (INAFOR, 2008). Las desviaciones corresponden a ajustes en la capacidad de discriminación entre categorías mediante la fotointerpretación de imágenes de resolución media y alta, y a la necesidad de crear la categoría de Áreas Agropecuarias Arboladas. En el cuadro 4 se detalla la homologación de las clases de uso y cobertura de la tierra del inventario forestal con las clases de cobertura de las tierras utilizadas para estimar los datos de actividad del NREF de Nicaragua. Para hacer coincidir las clases de IFN con las clases de uso de la tierra, se utilizaron dos criterios: cobertura de dosel y densidad de árboles:

Cobertura de dosel: En el caso de los bosques latifoliados la información de cobertura de dosel estaba debidamente consignada en las parcelas INF. De acuerdo al Manual de Campo del inventario forestal para definir la cobertura de copa se estima visualmente el porcentaje de la cobertura de los árboles, respecto a la proyección vertical del terreno, de acuerdo a los siguientes rangos (la opción es única): 0: No aplica, 1: <5%; 2: 5-10%; 3: 10-40%; 4: 40-70% y 5: >60%.

Densidad de árboles: El INF no brinda información de cobertura de dosel para los bosques de conífera, la cobertura de dosel en estas parcelas está dada en términos de árboles por hectárea. Utilizando parcelas de 1 ha, con una malla de 3x3 puntos, se midió la cobertura de dosel en imágenes de alta resolución para los sitios de establecimiento de parcelas INF en bosques de coníferas.

- Software de evaluación: Debido a que se cuenta con mosaicos Spot, Landsat y Rapid Eye, resultó más práctico realizar la evaluación visual en ArcGIS en lugar de Collect Earth. Tanto el personal de MARENA como el de INETER han realizado evaluaciones visuales para validación de los mapas de cobertura utilizando ArcGis.

### **2.6.3 Procedimientos de evaluación de calidad / control de calidad**

Los procedimientos de evaluación y control de calidad aplicados durante la evaluación visual de cobertura de la tierra incluyen lo siguiente:

- Control del sesgo de la foto-interpretación: Para disminuir el sesgo en la foto-interpretación de la cobertura se utiliza un árbol de decisiones para la evaluación visual de imágenes de alta resolución (Figura 5) y de imágenes de media resolución (Figura 6). En estos diagramas se indica claramente cómo y en qué orden se debe utilizar la información auxiliar.

Es importante resaltar que en Nicaragua la cobertura forestal se confunde fácilmente con el café con sombra, por lo general, utilizan especies forestales propias de la zona para brindar la sombra al café.

Se utiliza el mapa del café 2002 porque es la información confiable más cercana al 2005 para diferenciar entre bosque y cultivo perenne bajo sombra. Otro aspecto a considerar es que es poco probable que una plantación de café se convierta en bosque en tres años. La transición más probable del café con sombra sería a café bajo sol o a otro tipo de uso como: agricultura, ganadería u otro tipo de sistema agroforestal.

- Control de la variabilidad entre Foto- intérpretes: Ocho expertos nacionales de MARENA son los encargados de realizar la foto-interpretación de las imágenes (Figura 7D). Estos especialistas cuentan con experiencia en interpretación visual de cobertura de la tierra en imágenes de alta y media resolución.
- Verificación de la foto-interpretación: un especialista de MARENA es el encargado de realizar el proceso de verificación y control de calidad de la evaluación visual. Para la verificación de la interpretación de cobertura se utiliza como información de referencia los datos de cobertura obtenidos en el campo durante el INF y la remediación de parcelas del INF (69 unidades de muestreo) realizada en el 2015. No se documentó el sesgo de los intérpretes.
- Control de consistencia de datos: antes de la finalización del proceso de recopilación de datos, se realizó una sesión en MARENA para verificar los datos y la detección de cualquier anomalía antes de comenzar el análisis final de la información de referencia.

Considerando los 3,150 puntos evaluados para la determinación del Nivel de Referencia del Programa ER y 2,277 puntos evaluados en el resto del país (Vertiente Pacífica), se evaluaron en total 5,427 puntos de referencia para la estimación de los datos de actividad del NREF Nacional de Nicaragua. En las **Figuras 7A y 7B** se muestra la distribución espacial de las clases de cobertura y uso, determinado para el 2005 y el 2015, consignado en los datos de referencia. En la **Figura 7C** se muestra el mapa de Régimen hídrico y áreas de contabilidad subnacionales del territorio continental de Nicaragua. En la **Figura 7D** se muestra la distribución espacial según interprete de los datos de referencia.

#### 2.6.4 Estimación de áreas de cambio de cobertura

Con base en las parcelas de evaluación visual de cobertura se construye la matriz de transición 2005-2015, a partir de la cual se estiman las áreas de cambio de cobertura de la tierra. La estimación del área de cambio de cada categoría "k" y sus respectivos intervalos de confianza se calculan de acuerdo a la siguiente fórmula:  $\hat{A}_k = A \hat{p}_k$ , donde A es el área total del mapa y  $\hat{p}_k = \frac{n_k}{n}$ , donde  $n_k$  es el número "k" de parcelas por categoría de cambio, y "n" el número total de parcelas evaluadas. El error estándar del área

estimada se calcula como  $S(\hat{A}_k) = A S(\hat{p}_k)$ . El intervalo de confianza al 95% se calcula como  $\hat{A}_k \pm 1.96 S(\hat{A}_k)$ , donde  $S(\hat{A}_k) = A \sqrt{\frac{\hat{p}_k(1-\hat{p}_k)}{(n-1)}}$ .

En el cuadro 5, se presentan las áreas de cambio de uso y cobertura estimadas para el territorio continental de Nicaragua. Es importante señalar que para esta estimación se considera una superficie continental de 11, 941,161.62 ha. De acuerdo a esta estimación, al 2015 Nicaragua cuenta con 4.7 millones de hectáreas de boques (latifoliados, pinares y cultivos permanentes arbolados). Se estima que durante el periodo de referencia el país perdió 1,5 millones de hectáreas, que corresponde a una pérdida anual de 150,000 ha por año. Asimismo, el país experimentó una ganancia de bosque secundario de 0.5 millones de hectáreas.

*Cuadro 4 Clases de cobertura consideradas para la estimación de la deforestación, degradación y regeneración de bosques en el área de contabilidad del Programa de Reducción de Emisiones Forestales de Nicaragua.*

Núm.	Categoría de Cobertura (Evaluación Visual)	Categoría de Cobertura REDD+	Categoría de cobertura INF	Descripción	Información auxiliar para la clasificación de la cobertura	
					Evaluación 2005	Evaluación 2015
1	Bosque latifoliado degradado 30-69%	Bosque latifoliado degradado 30-69%	<b>BNLID:</b> Bosque natural latifoliado primario intervenido Denso (cobertura dosel 40-69%) <b>BNLPD:</b> Bosque natural latifoliado primario Denso (cobertura dosel 40-69%) <b>BNLSD:</b> Bosque natural latifoliado secundario Denso (cobertura dosel 40-69%)	Bosque en el que más del 70% de la cubierta arbórea está compuesta por especies de hoja ancha. Esto incluye los boques mixtos y ecosistemas de Palma Natural y Manglares.	Valor NDVI 2005	N/A
		Bosque seco degradado 30-69%	<b>BNLSD:</b> Bosque natural latifoliado secundario Ralo (cobertura dosel 40-69%) <b>BNLSR:</b> Bosque natural latifoliado secundario Ralo (cobertura dosel 10-39%)			
2	Bosque latifoliado intacto >70%	Bosque latifoliado intacto >70%	<b>BNLIMD:</b> Bosque natural latifoliado primario intervenido Muy Denso (cobertura dosel >70) <b>BNLPMD:</b> Bosque natural latifoliado primario Muy Denso (cobertura dosel >70) <b>BNLSMD:</b> Bosque natural latifoliado secundario Muy Denso (cobertura dosel >70)			
		Bosque seco intacto >70%	<b>BNLSMD:</b> Bosque natural latifoliado secundario Muy Denso (cobertura dosel >70)			

Núm.	Categoría de Cobertura (Evaluación Visual)	Categoría de Cobertura REDD+	Categoría de cobertura INF	Descripción	Información auxiliar para la clasificación de la cobertura	
					Evaluación 2005	Evaluación 2015
			<p><b>BNLPD:</b> Bosque natural latifoliado primario Denso (cobertura dosel 40-69%)</p> <p><b>BNLSD:</b> Bosque natural latifoliado secundario Denso (cobertura dosel 40-69%)</p>			
3	Bosque de pino degradado 30--69%	Bosque de pino degradado 30--69%	<p><b>BNCDD:</b> Bosque natural de coníferas en desarrollo Denso (&gt;300 árboles/ha)</p> <p><b>BNCMD:</b> Bosque natural de coníferas maduro Denso (&gt;250 árboles/ha)</p>	Bosque en el que más del 70% de la cubierta arbórea consiste en especies de coníferas. Son áreas de bosque dominadas por pino en diferentes estados de madurez.		
4	Bosque de pino intacto >70%	Bosque de pino intacto >70%	<p><b>BNCDMR:</b> Bosque natural de coníferas en desarrollo Muy Ralo (&lt; 125 árboles/ha)</p> <p><b>BNCDR:</b> Bosque natural de coníferas en desarrollo Ralo (125 - 300 árboles/ha)</p> <p><b>BNCJR:</b> Bosque natural de coníferas joven Ralo (250 - 350 árboles/ha)</p> <p><b>BNCMMR:</b> Bosque natural de coníferas maduro Muy Ralo (&lt; 50 árboles/ha)</p> <p><b>BNCMR:</b> Bosque natural de coníferas maduro Ralo (50 - 250 árboles/ha)</p> <p><b>BNCRR:</b> Bosque natural de coníferas en regeneración Ralo (300 – 1500 árboles/ha)</p>			

Núm.	Categoría de Cobertura (Evaluación Visual)	Categoría de Cobertura REDD+	Categoría de cobertura INF	Descripción	Información auxiliar para la clasificación de la cobertura	
					Evaluación 2005	Evaluación 2015
5	Cultivo Permanente arbolado > 30% (bosque)	Cultivo Permanente arbolado > 30% (bosque)	<b>CAFESA:</b> Café con sombra artificial <b>CAFESN:</b> Café con sombra natural <b>CC:</b> Cultivo de Cacao con sombra <b>FR:</b> Cultivos de árboles frutales	Café, Cacao, Frutales, Plantaciones Forestales	Capa de área plantada de café del MAGFOR 2002	Mapa de monitoreo de la producción cultivos 2016-2017. INETER. Mapa de campo de regeneración natural 2017, MARENA. Mapa de áreas reforestadas 2015-16-17. Proyecto CAVAMA. INAFOR.
6	Cultivo Permanente < 30% (no bosque)	Vegetación Leñosa (clima húmedo)		Café y Cacao con sombra <30%, Palma Aceitera, Musáceas, Bambú, Coco		
		Vegetación seca Leñosa				
7	Ecosistemas y Áreas agropecuarias arboladas	Vegetación Leñosa (clima húmedo)	<b>Ar:</b> combinación de árboles y arbustos <b>CAA:</b> Cultivo anual con árboles <b>GEA:</b> Ganadería extensiva con árboles <b>HUE:</b> Huertos <b>PNA:</b> Pasto natural con árboles <b>SA:</b> Sabana con árboles <b>SILVO:</b> Silvopastoril <b>TA:</b> Tacotal (Periodo de barbecho o descanso del sistema de subsistencia de corta y quema de la vegetación para cultivo de pocos años)	Superficie mixta de cultivos y pastos con vegetación arbustiva, tacotales y cultivos anuales arbolados.	Valor NDVI 2005	N/A
		Vegetación seca Leñosa				
8	Cultivos anuales y suelos desnudo	Vegetación No Leñosa	<b>CA:</b> Cultivos anuales sin árboles <b>SD:</b> Suelo desnudo	Áreas o tierras desprovistas de vegetación, con suelos en preparación para cultivo. Incluye suelos compuestos de arena y rocas, muy limitadas o no aptas para producción agropecuaria. Incluye las zonas de derrumbe, cauces	Valor NDVI 2005	Mapa de monitoreo de la producción cultivos 2016-2017. INETER.

Núm.	Categoría de Cobertura (Evaluación Visual)	Categoría de Cobertura REDD+	Categoría de cobertura INF	Descripción	Información auxiliar para la clasificación de la cobertura	
					Evaluación 2005	Evaluación 2015
				de los ríos con evidencia de inundación reciente, y las zonas de extracción de material selecto. (e.g. Playas, costas, afloramientos rocosos, minería)		
9	Pastos	Vegetación No Leñosa	<b>GPCM:</b> Pasto con manejo <b>GPSM:</b> Pasto sin manejo	Pastos con y sin manejo sin arboles	Valor NDVI 2005	N/A
10	Sabanas naturales	Vegetación No Leñosa	<b>Pn:</b> Pasto natural sin árboles <b>S:</b> Sabana sin árboles	Pastos naturales asociados a Pino	No disponible	No disponible
11	Humedales	Vegetación No Leñosa	<b>H:</b> Humedales	Tierra cubierta periódica y temporalmente por agua y dominada por gramíneas, sin presencia significativa de árboles y arbustos. Cobertura de copas de árboles < 10%. Presencia de vegetación herbácea típica de humedales.	Categoría Humedales en Hojas Topográficas (1988)	N/A
12	Cuerpos de Agua	Vegetación No Leñosa		Superficie ocupada por ríos, lagos, lagunas y embalses importantes. Incluye lagunas costeras y mares.	Mapa físico de Nicaragua, Capa de Red Hídrica de INETER y valor NDVI 2005	Mapa físico de Nicaragua, Capa de Red Hídrica de INETER y valor NDVI 2005
13	Asentamientos humanos y caminos	Vegetación No Leñosa	<b>AH:</b> Asentamientos e infraestructura humana	Áreas pobladas con construcciones significativas. Incluye las viviendas dispersas en el campo y todas las zonas pobladas. Áreas sometidas a uso intensivo cubierto en gran parte por estructuras, incluye ciudades, poblados, aldeas y fajas a lo largo de carreteras y rutas de transporte. También incluye zonas en donde se localizan instalaciones y edificaciones tales como	Capas de polígonos de poblados de INETER 2015 y la capa de caminos de ENDE-MARENA	Capas de polígonos de poblados de INETER 2005 y la capa de caminos de ENDE-MARENA

Núm.	Categoría de Cobertura (Evaluación Visual)	Categoría de Cobertura REDD+	Categoría de cobertura INF	Descripción	Información auxiliar para la clasificación de la cobertura	
					Evaluación 2005	Evaluación 2015
				granjas avícolas y otros complejos industriales.		
14	Sombras y Nubes	No considerada		Esta no es una categoría de cobertura. Corresponde a la superficie cubierta por nubes y sombras de nubes en la imagen de referencia.	N/A	N/A
15	Sin información	No considerada		Esta no es una categoría de cobertura. Corresponde a la superficie sin imágenes de referencia disponible para la evaluación visual de la cobertura.	N/A	N/A

Figura 5 Árbol de decisión para la foto-interpretación de la cobertura de la tierra en el área de contabilidad, utilizando imágenes de alta resolución.

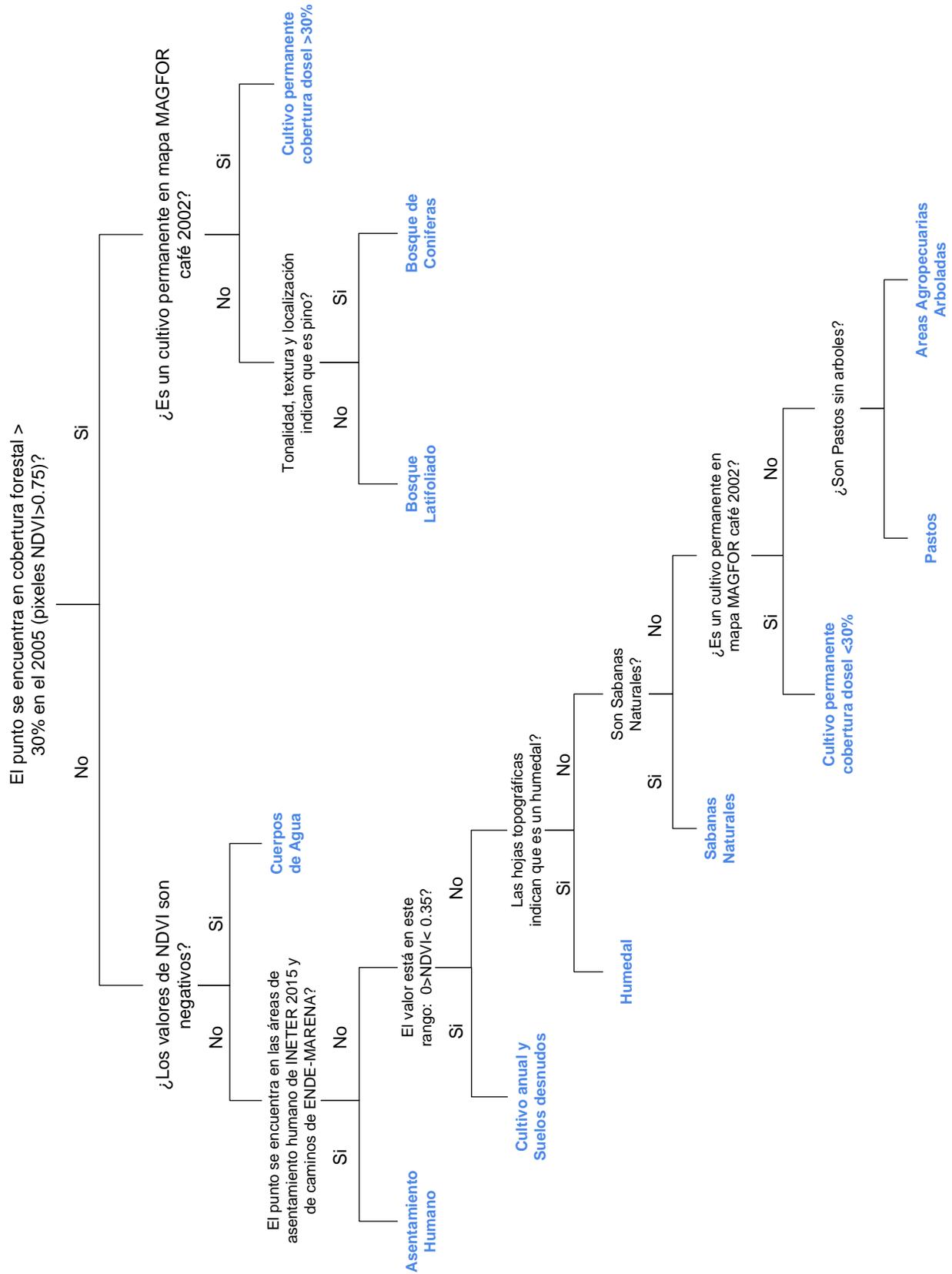


Figura 6 Árbol de decisión para la foto-interpretación de la cobertura de la tierra en el área de contabilidad, utilizando imágenes de baja resolución

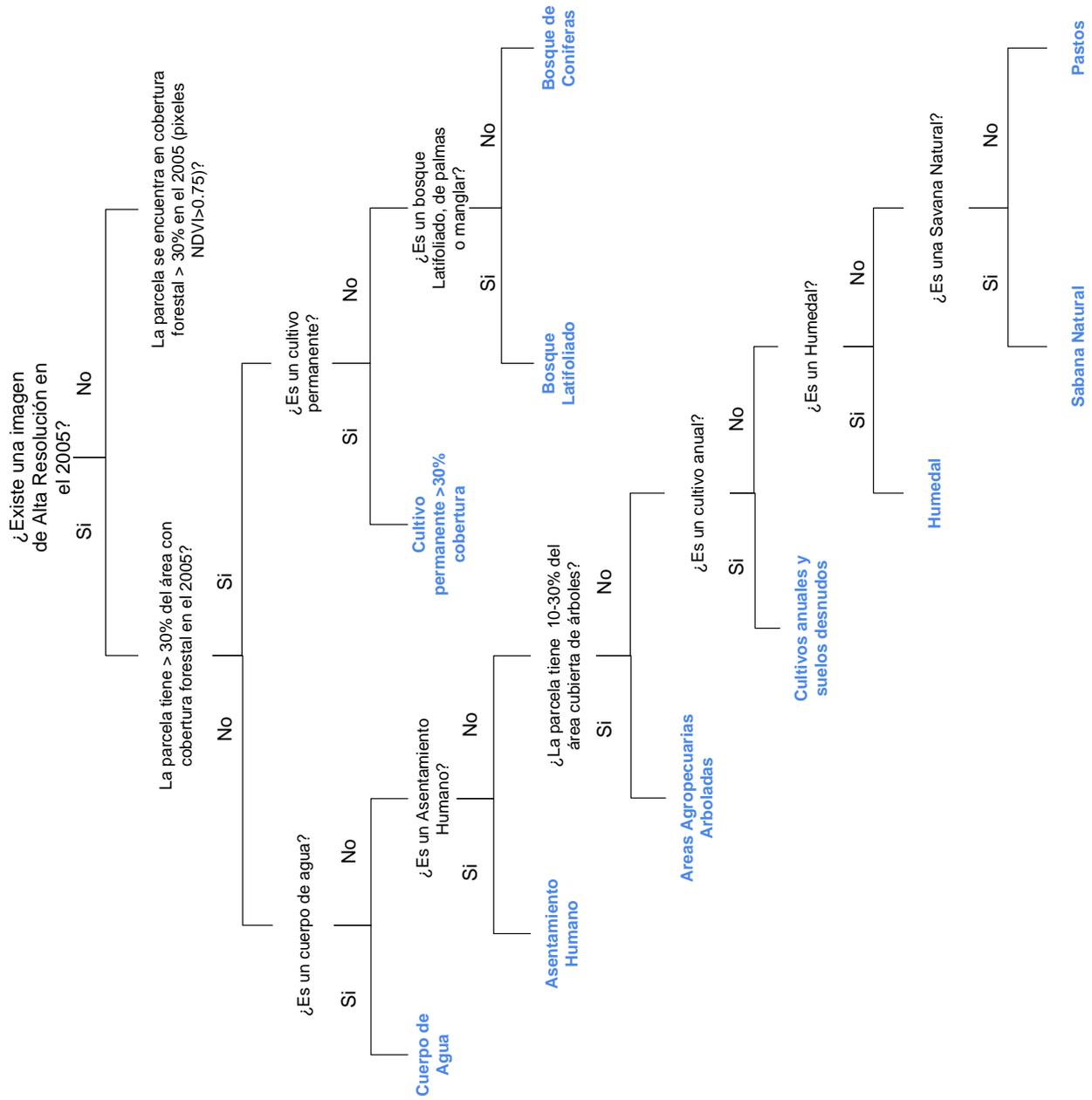
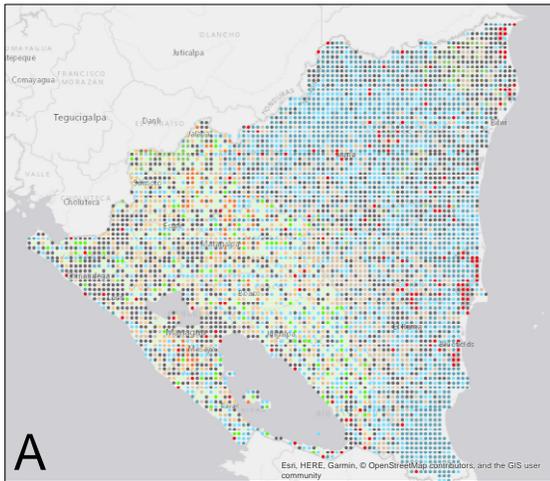
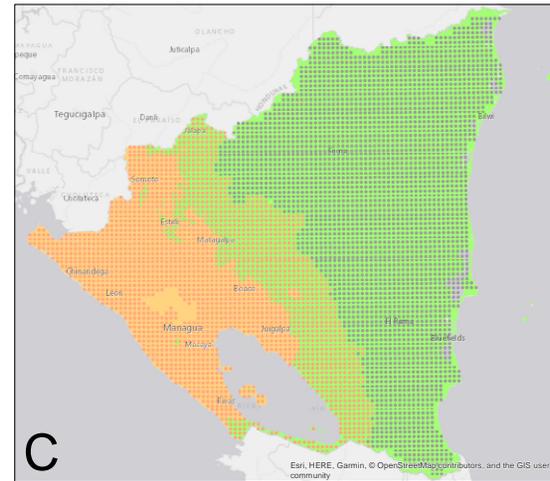


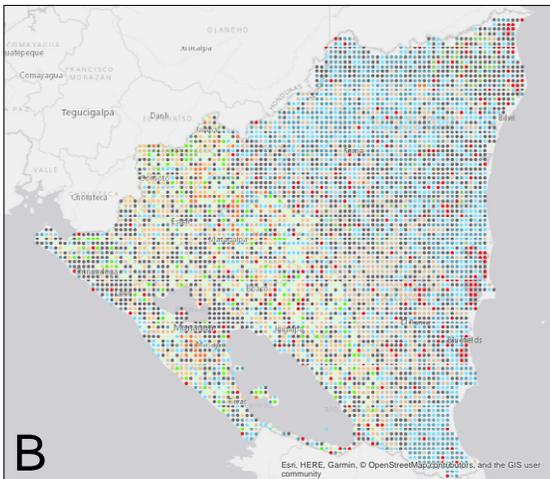
Figura 7 Figuras A y B corresponden a la clase de cobertura y uso, determinado para el 2005 y el 2015, consignado en los datos de referencia. Figura C: Régimen hídrico y áreas de contabilidad subnacionales del territorio continental de Nicaragua. Figura D: Distribución espacial según interprete de los 5427 puntos de referencia utilizados para la estimación de los datos de actividad del NREF Nacional de Nicaragua. La geobase de datos utilizada para construir estos mapas puede accederse en el siguiente vínculo: <https://www.dropbox.com/s/8kqworz7p0wq1b8/DatosActividad.mxd?dl=0>.



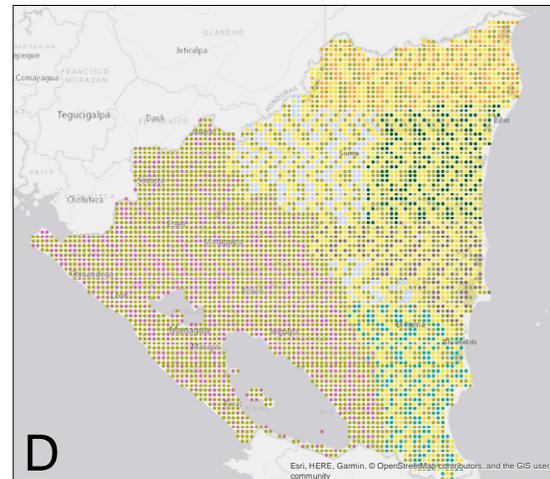
- Legend**
- Reference Data**
- REDD Classes 2005**
- Broadleaf forest >70%
  - Broadleaf degraded forest 30-69%
  - Broadleaf forest >70% Dry
  - Broadleaf degraded dry forest 30-69%
  - Pine Forest >70%
  - Pine degraded forest 30-69%
  - Permanent crop >30% (Forest)
  - Woody Vegetation
  - Dry woody Vegetation Dry
  - Non-woody vegetation
  - No information
- Light Gray Canvas Reference  
Light Gray Canvas Base



- Legend**
- Reference Data**
- Accounting Area**
- Emission Reduction Program
  - Pacific Region of Nicaragua
- Hydric Regime**
- Description**
- Tropical moist and wet forest
  - Tropical dry forest
- Light Gray Canvas Reference  
Light Gray Canvas Base



- Legend**
- Reference Data**
- REDD Class 2015**
- Broadleaf forest >70%
  - Broadleaf degraded forest 30-69%
  - Broadleaf forest >70% Dry
  - Broadleaf degraded dry forest 30-69%
  - Pine Forest >70%
  - Pine degraded forest 30-69%
  - Permanent crop >30% (Forest)
  - Woody Vegetation
  - Dry woody Vegetation Dry
  - Non-woody vegetation
  - No information
- Light Gray Canvas Reference  
Light Gray Canvas Base



- Legend**
- Reference Data**
- Interprete**
- Interpreter 1
  - Interpreter 2
  - Interpreter 3
  - Interpreter 4
  - Interpreter 5
  - Interpreter 6
  - Interpreter 7
  - Interpreter 8
- Light Gray Canvas Reference  
Light Gray Canvas Base

Cuadro 5 Áreas de cambio de uso y cobertura estimados para el territorio continental de Nicaragua.

Núm.	Clases de cambio de cobertura terrestre	Area (ha)	Intervalo de confianza	Error %	Wi	Puntos	Error Estándar	
1	Tierras forestales que permanecen como tales	Bosque latifoliado intacto (cobertura de dosel estable >70%)	1,839,471.37	114,699	6%	0.154	836	58,520
2		Bosque latifoliado degradado (cobertura de dosel estable 30%-69%)	1,047,354.51	89,878	9%	0.088	476	45,856
3		Degradación de Bosque latifoliado (transición de la cobertura de dosel de >70% a 30%-69%)	523,677.26	65,063	12%	0.044	238	33,195
4		Mejora de Bosque latifoliado (transición de la cobertura de dosel de 30%-69% a 70%)	239,835.38	44,575	19%	0.020	109	22,742
5		Bosque seco intacto (cobertura de dosel estable >70%)	107,815.91	30,055	28%	0.009	49	15,334
6		Bosque seco degradado (cobertura de dosel estable 30%-69%)	431,263.62	59,282	14%	0.036	196	30,246
7		Degradación de Bosque Seco (transición de la cobertura de dosel de >70% a 30%-69%)	92,413.63	27,843	30%	0.008	42	14,206
8		Mejora de Bosque seco (transición de la cobertura de dosel de 30%-69% a 70%)	112,216.55	30,656	27%	0.009	51	15,641
9		Bosque de pino intacto (cobertura de dosel estable >70%)	41,806.17	18,767	45%	0.004	19	9,575
10		Bosque de pino degradado (cobertura de dosel estable 30%-69%)	114,416.88	30,952	27%	0.010	52	15,792
11		Degradación de Bosque de pino (transición de la cobertura de dosel de >70% a 30%-69%)	26,403.90	14,924	57%	0.002	12	7,614
12		Mejora de Bosque de pino (transición de la cobertura de dosel de 30%-69% a 70%)	37,405.52	17,755	47%	0.003	17	9,059
13		Cultivos permanentes arbolados (cobertura de dosel >30%)	140,820.77	34,300	24%	0.012	64	17,500
33	Cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%) a bosque latifoliado intacto (cobertura de dosel > 70%)	-	-	0%	0.000	0	-	
34	Cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%) a bosque latifoliado degradado (cob de dosel 30% -69%)	-	-	0%	0.000	0	-	
35	Cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%) a bosque seco intacto (cobertura de dosel > 70%)	2,200.32	4,313	196%	0.000	1	2,200	
36	Cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%) a bosque seco degradado (cobertura de dosel 30% -69%)	-	-	0%	0.000	0	-	
37	Cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%) a bosque de pino (cobertura de dosel > 70%)	-	-	0%	0.000	0	-	
38	Cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%) a bosque de pino (cobertura de dosel 30% -69%)	-	-	0%	0.000	0	-	
39	Bosque latifoliado intacto (cobertura de dosel > 70%) a cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%)	4,400.65	6,098	139%	0.000	2	3,111	
40	Bosque latifoliado degradado (cobertura de dosel 30% -69%) a cultivos permanentes (cob de dosel >30%)	2,200.32	4,313	196%	0.000	1	2,200	
41	Bosque seco intacto (cobertura de dosel > 70%) a cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%)	-	-	0%	0.000	0	-	
42	Bosque seco degradado (cobertura de dosel 30% -69%) a cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%)	11,001.62	9,640	88%	0.001	5	4,918	
43	Bosque de pino (cobertura de dosel > 70%) a cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%)	-	-	0%	0.000	0	-	
44	Bosque de pino (cobertura de dosel 30% -69%) a cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%)	-	-	0%	0.000	0	-	
14	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo / pastizales (Deforestación) (Deforestation)	Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación leñosa	171,625.32	37,817	22%	0.014	78	19,294
15		Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación leñosa	528,077.90	65,323	12%	0.044	240	33,328
16		Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación No leñosa	200,229.54	40,797	20%	0.017	91	20,815
17		Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	248,636.68	45,368	18%	0.021	113	23,147
18		Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación leñosa	13,201.95	10,559	80%	0.001	6	5,387
19		Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación leñosa	226,633.43	43,355	19%	0.019	103	22,120
20		Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación No leñosa	8,801.30	8,623	98%	0.001	4	4,399
21		Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	68,210.06	23,945	35%	0.006	31	12,217
22		Conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación leñosa	-	-	0%	0.000	0	-
23		Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación leñosa	2,200.32	4,313	196%	0.000	1	2,200
24		Conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación No leñosa	2,200.32	4,313	196%	0.000	1	2,200
25		Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	2,200.32	4,313	196%	0.000	1	2,200
26	Conversión de Cultivos permanentes arbolados (>30%) a Vegetación No leñosa	-	-	0%	0.000	0	-	
27	Tierra convertida en tierra forestal	Conversión de Vegetación leñosa y No leñosa a Bosque latifoliado	264,038.95	46,722	18%	0.022	120	23,838
28		Conversión de Vegetación leñosa y No leñosa a Bosque seco	180,426.62	38,760	21%	0.015	82	19,776
29		Conversión de Vegetación leñosa y No leñosa a Bosque de pino	13,201.95	10,559	80%	0.001	6	5,387
30		Conversión de Vegetación leñosa y No leñosa a Cultivos permanentes arbolados	11,001.62	9,640	88%	0.001	5	4,918
31	Tierras no forestales que permanecen como tales	Tierras no forestales	4,671,289.13	155,059	3%	0.391	2123	79,112
32	Área sin información o transiciones no consideradas.		554,481.80	66,859	12%	0.046	252	34,112
11		Área de Contabilidad (ha)	11,941,161.62			1.000	5427	

<sup>11</sup> Los datos de referencia y la memoria de cálculo de los datos de actividad pueden accederse en el siguiente vinculo: [https://www.dropbox.com/s/Od7bd9ahujbv7lo/ActivityData\\_NREF\\_Nicaragua\\_V2.xlsx?dl=0](https://www.dropbox.com/s/Od7bd9ahujbv7lo/ActivityData_NREF_Nicaragua_V2.xlsx?dl=0)

## 2.7 Factores de emisión y remoción

### 2.7.1 Factores de emisión

Los datos del Inventario Nacional Forestal (INF), llevado a cabo por INAFOR en 2007, se utilizan para calcular los factores de emisión para las categorías de bosque, Áreas agropecuarias arboladas (tacotales) y la clase no forestal. El INF contiene información de 371 unidades de muestra situadas sobre una cuadrícula sistemática sobre el interior de Nicaragua (Figura 8). La cuadrícula es la cuadrícula mundial de 10' x 10' (18 km x 18 km aproximadamente) propuesta por la FAO. Las unidades de muestra INF están constituidas por 4 parcelas (de 0,5 ha), 12 subparcelas anidadas rectangulares (de 0,02 ha) y 12 subparcelas anidadas circulares dispuestas de acuerdo a la Figura 9, siguiendo el diseño de inventario de uso de suelo / cobertura del suelo propuesto por la FAO.

Los cálculos de los factores de emisión se realizan a partir de la base de datos a nivel de árbol, teniendo en cuenta el área de la parcela o subparcela donde se midió el árbol. El DAP mínimo considerado en el análisis a nivel de árbol es 10 cm. Los árboles muertos fueron excluidos de la estimación de biomasa viva aérea<sup>12</sup>.

Para el cálculo de las densidades de carbono de bosques latifoliados y coníferas no se consideran los bosques latifoliados abiertos (BL\_R) ni los bosques abiertos de coníferas (BC\_R). BL\_R y BC\_R se definen en el INF con una cubierta forestal entre 10-39%, la mayoría de estas clases no cumplen con la definición de bosque; en consecuencia, no se utilizan para el cálculo del factor de emisión<sup>13</sup>. El café y el cacao con árboles de sombra se incluyen en la definición del bosque, las parcelas INF de estas dos clases de cobertura del suelo se usan para estimar la densidad de biomasa de cultivos permanentes con una cobertura del dosel superior al 30%.

En el cuadro 6 se muestra la agregación de las clases de INF correspondientes a las clases de cobertura del suelo. De igual forma que con los datos de actividad, utilizando el mapa de referencia de régimen hídrico de Nicaragua, los bosques latifoliados y la vegetación leñosa son estratificadas en i. Bosques húmedos y muy húmedos y ii. Bosques Secos.

En la actualidad, Nicaragua no tiene ecuaciones alométricas oficiales para la biomasa de árboles que están calibradas con datos nacionales. Además, se han realizado pocos estudios de campo sobre el volumen de bosques y la biomasa en Nicaragua que pueden usarse como referencia. Dada esta situación la Biomasa aérea para cada árbol se calcula usando el modelo pantropical ajustado por Chave et al. (2014).

---

<sup>12</sup> La hoja electrónica de estimación de Factores de Emisión puede accederse en el siguiente vínculo: [https://www.dropbox.com/s/figidsc34p67yu0/EF\\_estimation\\_FREL\\_V3.xlsx?dl=0](https://www.dropbox.com/s/figidsc34p67yu0/EF_estimation_FREL_V3.xlsx?dl=0)

<sup>13</sup> Es importante aclarar que el INF no consigna el porcentaje de cobertura de dosel para cada parcela, solamente se indica la categoría de cobertura de dosel. Por tal razón, fueron excluidos del cálculo de densidad de biomasa por tipo de bosque, las parcelas con una cobertura entre 10 a 39%, por cuanto esta categoría incluye parcelas que no cumplen con el umbral 30% de cobertura de dosel establecido en la definición de bosque.

$$AGB_{est} = 0.0673 \times (\rho D^2 H)^{0.976}$$

Donde “ $\rho$ ” es la densidad de la madera en  $g \cdot cm^{-3}$ , “ $D$ ” el diámetro en cm y “ $H$ ” la altura en m.

Finalmente, se calcula el promedio de biomasa en toneladas de materia seca por hectárea ( $t \cdot ha^{-1}$ ), siguiendo los cálculos estadísticos clásicos basados en las áreas de parcelas del inventario forestal. La Biomasa subterránea por árbol se calcula utilizando la ecuación de Cairns et al. (1997) a partir de la Biomasa aérea de cada árbol.

Los factores de emisión incluyen biomasa aérea (AGB) y la biomasa subterránea (BGB). Se supone que las emisiones de este último ocurren en el momento de la conversión, siguiendo la metodología de Nivel 1 del IPCC. La determinación de los factores de emisión para la actividad de deforestación utilizó el método de diferencias de existencias propuesto por el IPCC (IPCC, 2006) basado en las diferencias en las reservas de carbono antes y después de la deforestación.

En el cuadro 6 se presenta las densidades de carbono para las diferentes categorías de uso y cobertura de tierra, estimadas a partir de los datos del Inventario Forestal Nacional para el territorio continental de Nicaragua (NREF). Todas las densidades de carbono corresponden al promedio de las observaciones de AGB + BGB, con la excepción de los bosques de pino con una cubierta de dosel superior al 70%. En la base de datos del INF solo hay 3 parcelas de pino con cobertura de dosel superior al 70%, por esta razón la densidad de carbono de esta categoría de cobertura se estimó a partir de una regresión de AGB + BGB frente al porcentaje de cobertura de dosel (Figura 10). La cobertura del dosel de cada una de las unidades de muestreo INF con cubierta de pino se determinó mediante evaluación visual en imágenes de alta resolución. Densidad de carbono para los bosques de pino con una cobertura de copas >70% (AGB+BGB), corresponde a la biomasa promedio de un bosque de pinos con un 85% de cobertura de dosel. En el cuadro 7, se presentan los Factores de Emisión (FE) para las categorías de cambio de tierras forestales a pasturas y cultivos para el territorio nacional. Cabe señalar que las existencias de carbono en la biomasa aérea por hectárea son bajas en comparación con los valores por defecto del IPCC. Esto se debe a que los bosques de Nicaragua son afectados periódicamente por fenómenos climáticos importantes (huracanes), que impactan su estructura y composición. Por tal razón los bosques en ocupación plena son poco comunes y la abundancia de árboles de grandes dimensiones también es baja.

### 2.7.2 Factores de Remoción

Para la estimación del NREF a nivel nacional se utilizan los factores de remoción por crecimiento del bosque secundario consignados en el Programa de Reducción de Emisiones de la Costa Caribe Norte de Nicaragua. Los factores de remoción expresan la tasa de crecimiento anual de los bosques secundarios y cultivos permanentes (sistemas agroforestales) en  $t \text{ CO}_2 / ha \text{ año}$ . La base de datos INF no tiene en cuenta las tasas incrementales de biomasa para los bosques en Nicaragua.

La tasa de crecimiento del bosque latifoliado húmedo se obtiene a partir de referencias bibliográficas sobre la regeneración forestal y la acumulación de biomasa en la región Caribe de Nicaragua. El incremento anual promedio de la biomasa forestal se ha estimado según el estudio desarrollado por Moraes (2001), sobre la regeneración de nuevos bosques en la región de Bluefields en la costa atlántica del sur de Nicaragua. Este estudio estimó las tasas de crecimiento en 4 sitios de muestra y un total de 12 parcelas. Solo se usaron las 10 parcelas con errores estándar informados para estimar el factor de remoción (cuadro 8) utilizando el incremento anual promedio de la biomasa promedio de las parcelas (3.41 t C / ha ± 1.02 SE).

Con respecto al incremento medio anual en la biomasa de los bosques de coníferas de Nicaragua, no hay información publicada disponible en este momento. Por lo tanto, se calculó una tasa de crecimiento basada en el factor de emisión derivado de la base de datos INF para bosques de coníferas de estado estable de 33 años<sup>14</sup>. El plazo para alcanzar el estado estable de crecimiento fue establecido mediante criterio experto emitido por los especialistas de MARENA. Con esta información, el factor de remoción en el bosque de coníferas se ha calculado de la siguiente manera:

$$SR_p = \frac{CD\_P\_70}{33}$$

Considerando que la densidad de carbono de los bosques de pinos intactos (cobertura de dosel >70%) es de 29.29 t C / ha, la tasa de secuestro ( $SR_p$ ) se estima en 0.90 t C / ha. Aunque existe una considerable incertidumbre sobre la edad seleccionada, el factor de eliminación obtenido se considera conservador y consistente con la información INF disponible.

La tasa de captura de carbono de cultivos perennes con cobertura de dosel superior al 30% ( $SR_{PC}$ ), se ha obtenido a partir de referencias bibliográficas sobre la acumulación de carbono en los Sistemas de Agroforestería de Cacao en Nicaragua. Según los especialistas del equipo de MRV, en el área de contabilidad, la mayoría de los sistemas agroforestales corresponderán a Cacao. Poveda, Orozco, Medina, Cerda, & López, 2013, estimaron el carbono almacenado en 50 plantaciones de cacao en Waslala, Nicaragua, en 91.45 (± 31.44) t C / ha, con una tasa de secuestro de 5.4 t C / ha / año. Considerando que el autor indica que un 35.86% corresponde a AGB y un 11.67% a raíces gruesas y finas, la tasa de secuestro de carbono correspondiente a AGB-BGB es  $SR_{PC} = 2.57 (\pm 0.88)$  t C / ha / año.

Finalmente, Nicaragua no cuenta con información de campo o de literatura para la estimación de factores de remoción en bosque seco tropical. Debido a esta situación se utilizó el valor por defecto de crecimiento anual neto de la biomasa aérea, para bosques secos tropicales en Norte y Sur América ( $\leq 20$  años): 4.0 t d.m. ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> (IPCC, 2006)<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> Calderón and Solís, 2012. Bachelor Thesis: Cuantificación del carbono almacenado en tres fincas en tres estados de desarrollo del bosque de Pino (*Pinus oocarpa*, L.) Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria

<sup>15</sup> Table 4.9 above-ground net biomass growth in natural forests

### 2.7.3 Factor de emisión por degradación

Se estimó la pérdida de biomasa asociada a degradación, tanto para el bosque latifoliado húmedo y seco como para las coníferas. Las emisiones por degradación de los bosques se evalúan relacionando la pérdida de cubierta de dosel, estimada en los puntos de evaluación visual, con la pérdida de biomasa. En el caso de los bosques latifoliados secos y húmedos, las parcelas del bosque INF se estratifican en 3 categorías basadas en la cubierta forestal: bosque abierto, bosque denso y bosque muy denso (cuadro 9). Para cada estrato se estima la biomasa promedio (AGB+BGB) y se relaciona con la cobertura del dosel utilizando una regresión lineal (Figura 11).

Esta regresión se aplicó posteriormente en cada punto de evaluación visual para estimar la pérdida o ganancia de biomasa en bosques latifoliados. En el caso de los bosques de pino, la pérdida o ganancia de biomasa debido a la degradación se estimó utilizando el modelo presentado en la Figura 10. Considerando solo los puntos de evaluación visual sobre tierras forestales que permanecen como tales (excluyendo Cultivos permanentes arbolados) se estimó una pérdida neta de biomasa promedio de  $3.884 \pm 2.474$  t C / ha en bosques latifoliados y  $-1.299 \pm -2.907$  t C / ha en bosques secos y  $-1.130 \pm -4.740$  t C / ha en bosques de pino<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Una copia de la base de datos utilizada para la estimación de los factores de emisión de degradación puede accederse mediante el siguiente vínculo:  
[https://www.dropbox.com/s/figjdsc34p67yu0/EF\\_estimation\\_FREL\\_V3.xlsx?dl=0](https://www.dropbox.com/s/figjdsc34p67yu0/EF_estimation_FREL_V3.xlsx?dl=0)

Figura 8 Distribución de las unidades de muestreo del INF en Nicaragua siguiendo el diseño sistemático de una red mundial de 10'x10'.

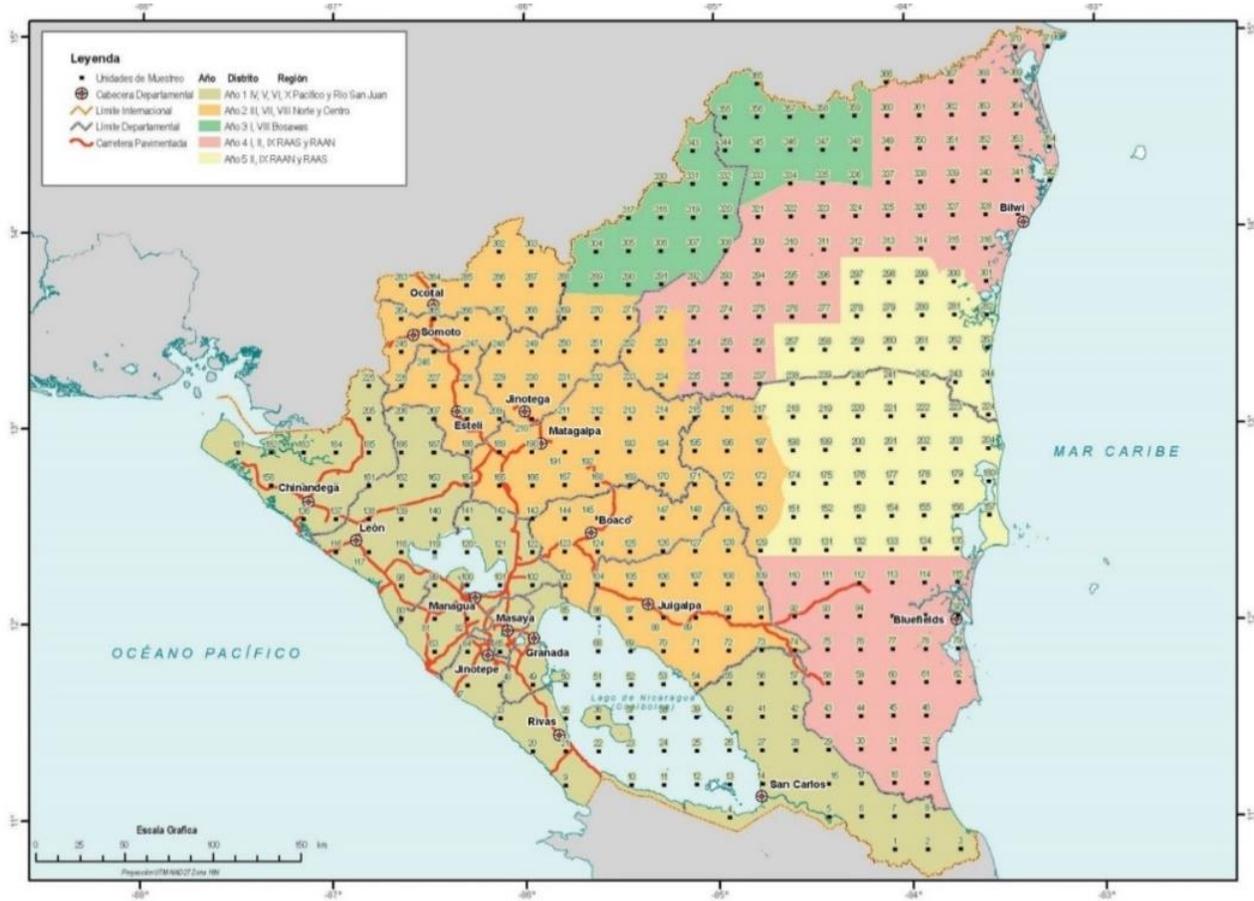


Figura 9 Ejemplo de diseño de la unidad de muestreo del INF de Nicaragua (INAFOR, 2007).

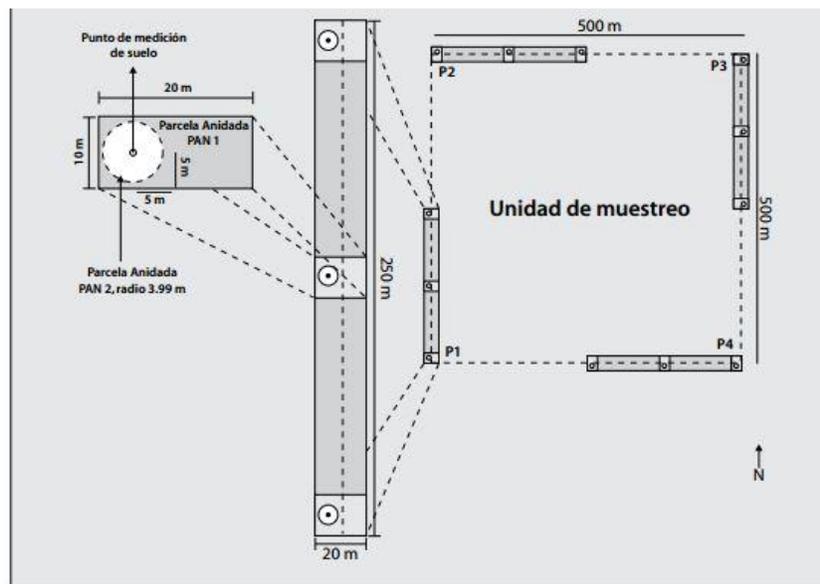
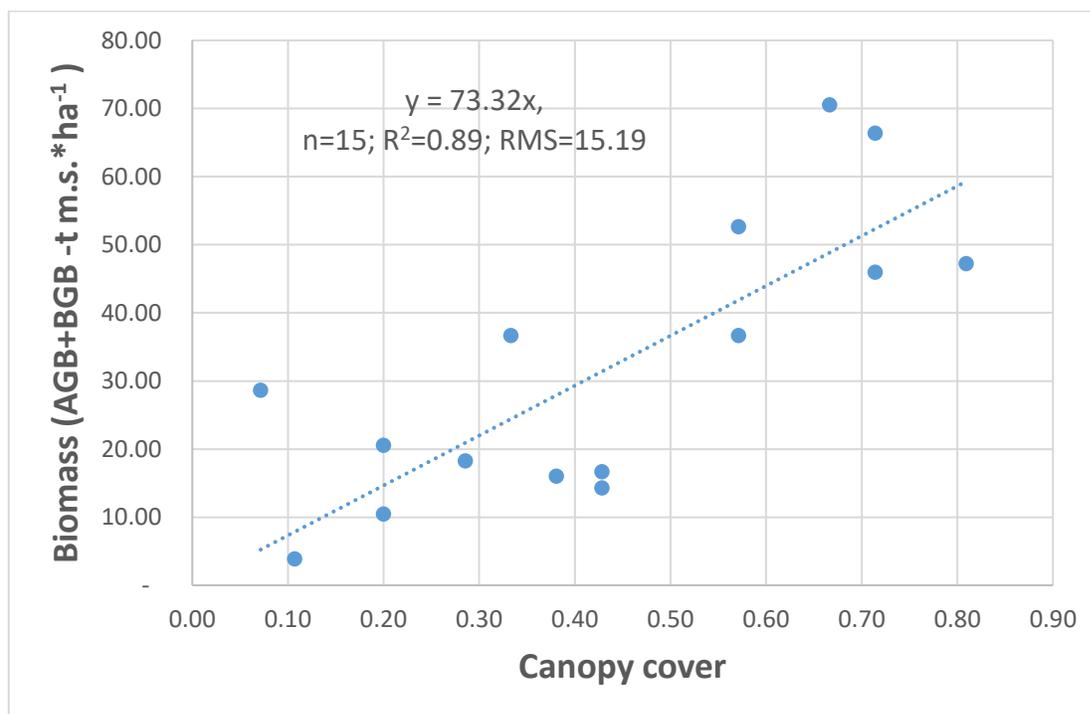


Figura 10 Relación entre la cubierta forestal de pino y la biomasa.



Cuadro 6 Densidades de carbono estimadas a partir de los datos del Inventario Nacional Forestal para el territorio continental de Nicaragua (NREF).<sup>17</sup>

Categorías de cobertura	Densidad de Carbono (t C/ha)		
	Promedio	Intevalo de confianza	n
Bosque latifoliado intacto (cobertura de dosel >70%)	47.36	7.83	111
Bosque latifoliado degradado (cobertura de dosel 30%-69%)	36.51	5.01	111
Bosque seco intacto (cobertura de dosel >70%)*	43.05	11.52	16
Bosque seco degradado (cobertura de dosel 30%-69%)	23.87	5.35	44
Bosque de pino intacto (cobertura de dosel >70%)**	29.29	6.30	na
Bosque de pino degradado (cobertura de dosel 30%-69%)	15.75	6.30	24
Cultivos permanentes arbolados (cobertura de dosel >30%)	22.18	9.06	33
Vegetación Leñosa	13.17	2.33	270
Vegetación Seca Leñosa	9.14	1.82	114
Vegetación No leñosa	6.11	1.81	331
		<b>Total</b>	<b>1054</b>

\* Densidad de carbono estimada excluyendo valores de biomasa > 200 tms/ha.

\*\* Estimado mediante el modelo de cobertura-biomasa construido para bosque de pino (Figura 10).

<sup>17</sup> Los datos utilizados y la memoria de cálculo de los factores de emisión pueden accederse en el siguiente vínculo: [https://www.dropbox.com/s/figjdsc34p67yu0/EF\\_estimation\\_FREL\\_V3.xlsx?dl=0](https://www.dropbox.com/s/figjdsc34p67yu0/EF_estimation_FREL_V3.xlsx?dl=0)

Cuadro 7 Factores de emisión estimados para el territorio continental de Nicaragua (NREF) <sup>18</sup>

Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo / pastizales (Deforestación)	Densidad de carbono antes de la conversión (tC/ha)		Densidad de carbono después de conversión(tC/ha)		Factor de Emisión		Error
	Media	Límites de confianza	Mean	Límites de confianza	tC/ha	%	EE
Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación leñosa	47.36	7.83	13.17	2.33	34.19	14%	2.33
Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación leñosa	36.51	5.01	13.17	2.33	23.34	11%	1.31
Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación No leñosa	47.36	7.83	6.11	1.81	41.25	15%	3.13
Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	36.51	5.01	6.11	1.81	30.40	13%	1.92
Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación leñosa	43.05	11.52	9.14	1.82	33.91	22%	3.82
Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación leñosa	23.87	5.35	9.14	1.82	14.73	17%	1.27
Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación No leñosa	43.05	11.52	6.11	1.81	36.94	24%	4.42
Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	23.87	5.35	6.11	1.81	17.76	19%	1.69
Conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación leñosa	29.29	18.37	13.17	2.33	16.12	44%	3.55
Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación leñosa	15.75	6.30	13.17	2.33	2.58	23%	0.30
Conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación No leñosa	29.29	18.37	6.11	1.81	23.18	52%	6.10
Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	15.75	6.30	6.11	1.81	9.64	30%	1.46
Conversión de Cultivos permanentes arbolados (>30%) a Vegetación No leñosa	22.18	9.06	6.11	1.81	16.07	33%	2.65
<b>Tierras que permanecen como tierras forestales</b>	<b>Media</b>	<b>Límites de confianza</b>	<b>Mean</b>	<b>Límites de confianza</b>	<b>tC/ha</b>	<b>%</b>	<b>EE</b>
Cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%) a bosque latifoliado intacto (cobertura de dosel > 70%)	22.18	9.06	47.36	7.83	(25.17)	17%	2.19
Cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%) a bosque latifoliado degradado (cob de dosel 30% -69%)	22.18	9.06	36.51	5.01	(14.33)	18%	1.28
Cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%) a bosque seco intacto (cobertura de dosel > 70%)	22.18	9.06	43.05	11.52	(20.86)	22%	2.37
Cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%) a bosque seco degradado (cobertura de dosel 30% -69%)	22.18	9.06	23.87	5.35	(1.68)	23%	0.19
Cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%) a bosque de pino (cobertura de dosel > 70%)	22.18	9.06	29.29	18.37	(7.11)	40%	1.43
Cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%) a bosque de pino (cobertura de dosel 30% -69%)	22.18	9.06	15.75	6.30	6.43	29%	0.94
Bosque latifoliado intacto (cobertura de dosel > 70%) a cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%)	47.36	7.83	22.18	9.06	25.17	17%	2.19
Bosque latifoliado degradado (cobertura de dosel 30% -69%) a cultivos permanentes (cob de dosel >30%)	36.51	5.01	22.18	9.06	14.33	18%	1.28
Bosque seco intacto (cobertura de dosel > 70%) a cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%)	43.05	11.52	22.18	9.06	20.86	22%	2.37
Bosque seco degradado (cobertura de dosel 30% -69%) a cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%)	23.87	5.35	22.18	9.06	1.68	23%	0.19
Bosque de pino (cobertura de dosel > 70%) a cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%)	29.29	18.37	22.18	9.06	7.11	40%	1.43
Bosque de pino (cobertura de dosel 30% -69%) a cultivos permanentes (cobertura de dosel >30%)	15.75	6.30	22.18	9.06	(6.43)	29%	0.94

<sup>18</sup> Los datos utilizados y la memoria de cálculo de los factores de emisión pueden accederse en el siguiente vínculo: [https://www.dropbox.com/s/figjdsc34p67yu0/EF\\_estimation\\_FREL\\_V3.xlsx?dl=0](https://www.dropbox.com/s/figjdsc34p67yu0/EF_estimation_FREL_V3.xlsx?dl=0)

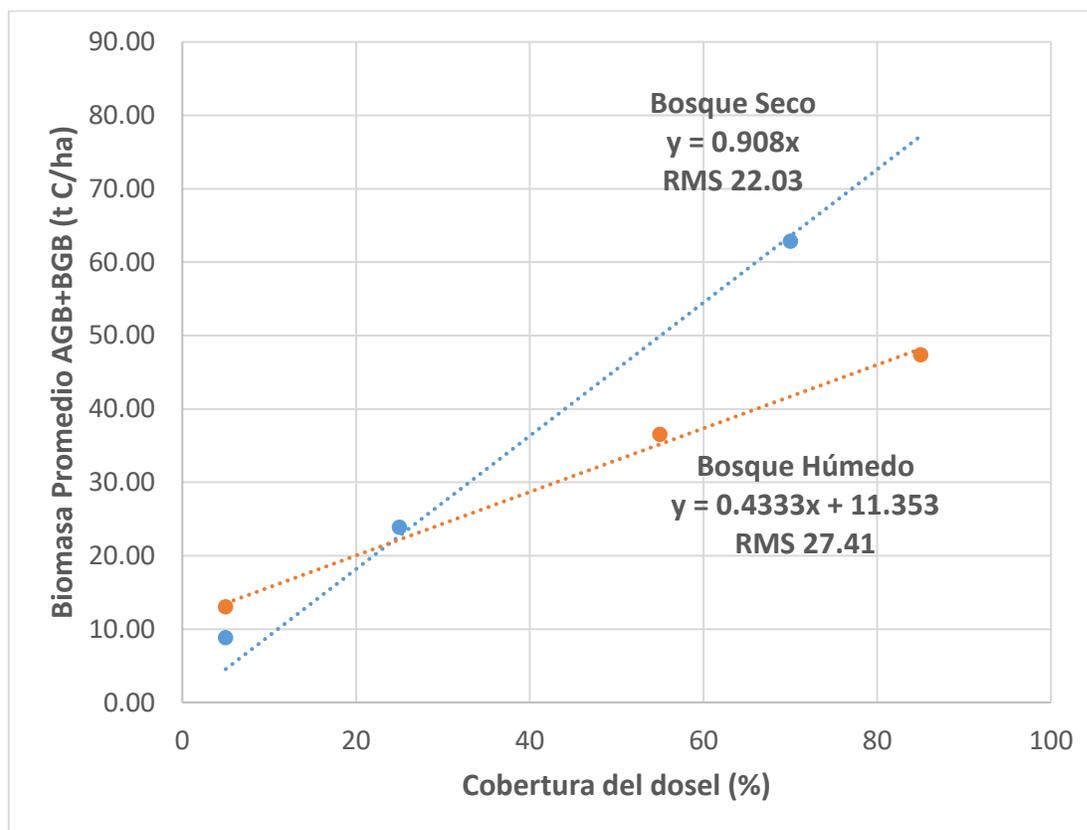
Cuadro 8 Promedio de incremento anual y error estándar de AGB reportados por Mascaro et al 2005 en 10 parcelas forestales en Nicaragua. (Adaptado de Moraes, 2001).

Parcela	Incremento medio AGB Mascaro et al 2005 (t m.s. /ha año)	Incremento BGB Cairns ecuación (t m.s. /ha año)	Total Incremento Biomasa (t C /ha año)	Error Estándar Moraes, 2001 (t C /ha año)
1	5.19	1.49	3.14	0.18
2	6.02	1.69	3.63	0.59
3	4.5	1.31	2.73	1.41
4	6.1	1.71	3.67	0.67
5	4.88	1.41	2.96	0.75
6	7.01	1.94	4.21	0.76
7	2.86	0.88	1.76	0.79
8	6.85	1.90	4.11	2.62
9	4.85	1.40	2.94	0.47
10	8.38	2.27	5.01	1.95
<b>Promedio</b>			<b>3.41</b>	<b>1.02</b>

Cuadro 9 Biomasa promedio según estrato de cobertura de dosel estimada a partir del INF de Nicaragua.

Bosque latifoliado húmedo		Bosque latifoliado seco	
Cobertura de dosel (%)	Biomasa (AGB+BGB) t C/ha	Cobertura de dosel (%)	Biomasa (AGB+BGB) t C/ha
85 - bosque muy denso	47.36	70 - bosque denso	62.84
55 - bosque denso	36.51	25 - bosque abierto	23.87
25 - bosque abierto	13.02	5 - áreas arboladas	8.83

Figura 11 Relación entre cobertura de dosel y biomasa (AGB+BGB) en bosques latifoliados de Nicaragua



# III. Calculo de las emisiones históricas anuales promedio durante el período de referencia

La construcción del NREF se basa en los lineamientos establecidos por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Marco Metodológico del Fondo de Carbono. El NREF constituye los puntos de referencia para evaluar el desempeño de cada país en la ejecución de las actividades de REDD +. El NREF se expresa en toneladas de dióxido de carbono equivalentes por año. Es importante señalar que el NREF incorpora un enfoque gradual, que le permite evolucionar de acuerdo con los ajustes realizados en respuesta a la mejora de los datos y las metodologías.

## 3.1 Enfoque para la estimación de emisiones y absorciones

Las emisiones de gases de efecto invernadero por deforestación se estiman siguiendo el "enfoque de la diferencia de existencias", como se propone en el Capítulo 2, vol. 4 de las Directrices del IPCC (2006) <sup>19</sup> (ecuación 1).

$$\Delta C = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)} \quad \text{Ecuación 1}$$

$\Delta C$ : Cambio anual en las existencias de carbono en el reservorio, t C yr<sup>-1</sup>

$C_{t_1}$ : Existencias de carbono en el reservorio al inicio del periodo  $t_1$ , t C.

$C_{t_2}$ : Existencias de carbono en el reservorio al final del periodo  $t_2$ , t C.

El cambio anual en las reservas de carbono en tierras convertidas a otras categorías de uso de la tierra se estima mediante la ecuación 2 (Ecuación 2.15 Cap 2, V 4, IPCC 2006 guidelines):

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{Conversion} - \Delta C_L \quad \text{Ecuación 2}$$

$\Delta C_B$ : Cambio anual en las reservas de carbono en tierras convertidas a otras categorías de uso de la tierra en tCyr<sup>-1</sup>

$\Delta C_G$ : Incremento anual en las reservas de carbono en biomasa, debido al crecimiento en tCyr<sup>-1</sup>.

$\Delta C_{Conversion}$ : Cambio inicial en las reservas de carbono en tCyr<sup>-1</sup>.

$\Delta C_L$ : decrecimiento anual de reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa por aprovechamiento, recolección de leña y disturbios en tCyr<sup>-1</sup>

---

<sup>19</sup> IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use.

El cambio inicial en las reservas de carbono ( $\Delta C_{Conversion}$ ) se asume que es cero. Esto por cuanto no es posible calcular este parámetro debido a la ausencia de parcelas de Inventario Nacional Forestal en bosques secundarios de edad conocida. Asimismo, tampoco se cuenta con estimaciones de decrecimiento anual de reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa por aprovechamiento y recolección de leña y disturbios naturales (e.g. huracanes). No obstante, se cuenta con tasas de crecimiento neto anual para los diferentes tipos de cobertura (bosque latifoliado húmedo, bosque latifoliado seco, bosque de pino y cultivos arbolados).

Siguiendo las buenas prácticas propuestas en las Directrices del IPCC (2006), la deforestación se divide en estratos correspondientes a diferentes tipos de bosques y cubiertas no forestales identificados en el Inventario Forestal Nacional (INF) llevado a cabo por INAFOR y las clases de cobertura del dosel. Esto permitirá una contabilidad más precisa de las emisiones. La deforestación y la degradación se evalúan por separado en los bosques de coníferas, latifoliados seco y latifoliado húmedo. Los bosques de conversión se subdividen en tres categorías: conversión a vegetación no leñosa, la conversión a vegetación leñosa húmeda y conversión a vegetación leñosa seca.

Se calculan factores de emisión promedio para la vegetación leñosa húmeda, vegetación leñosa seca y vegetación no leñosa. Estas categorías incluyen diferentes tipos de cobertura de tierras: i. la vegetación leñosa incluye silvopasturas, árboles diseminados en pastizales, vegetación secundaria temprana "tacotal", huertos de árboles, sabanas boscosas y cultivos permanentes con una cobertura del dosel inferior al 30%; ii. La vegetación no leñosa incluye matorrales, pastizales, humedales, cultivos anuales, asentamientos humanos y suelo desnudo.

La siguiente ecuación se utiliza para calcular las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> derivadas de la deforestación ( $E_D$ ):

$$E_D = \frac{44}{12} * \frac{1}{10} [A_{DBL70-WV} * EF_{BL70-wv} + A_{DBL70-NWV} * EF_{BL70-NWV} + A_{DBL30-69-WV} * EF_{BL30-69-WV} + A_{DBL30-69-NWV} * EF_{BL30-69-NWV} + A_{DBLs70-WVs} * EF_{BLs70-WVs} + A_{DBLs70-NWV} * EF_{BLs70-NWV} + A_{DBLs30-69-WVs} * EF_{BLs30-69-WVs} + A_{DBLs30-69-NWV} * EF_{BLs30-69-NWV} + A_{DP70-NWV} * EF_{P70-NWV} + A_{DP30-69-WV} * EF_{P30-69-WV} + A_{DP30-69-NWV} * EF_{P30-69-NWV} + A_{PC30-NWV} * EF_{PC30-NWV}]$$

### Ecuación 3

$E_D$ : Emisiones anuales por deforestación (tCO<sub>2</sub>\*año<sup>-1</sup>)

$A_{DBL70\_wv}$ : Datos de actividad conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación leñosa (ha)

$A_{DBL70\_NWV}$ : Datos de actividad conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación No leñosa (ha)

$A_{DBL39-69\_wv}$ : Datos de actividad conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación leñosa (ha)

$A_{DBL39-69\_NWV}$ : Datos de actividad conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa (ha)

$A_{DBLs70\_WVs}$ : Datos de actividad conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación leñosa seca (ha)

$A_{DBLs70\_NWV}$ : Datos de actividad conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación No leñosa (ha)

$A_{DBLs30-69\_WVs}$ : Datos de actividad conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación leñosa seca (ha)

$A_{DBLs30-69\_NWV}$ : Datos de actividad conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa (ha)

$A_{DP70\_NWV}$ : Datos de actividad conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación No leñosa (ha)

$A_{DP30-69\_wv}$ : Datos de actividad conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación leñosa (ha)

$AD_{P30-69\_NWV}$ : Datos de actividad conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa (ha)  
 $AD_{PC30\_NWV}$ : Datos de actividad conversión de Cultivo Permanente (>30%) a Vegetación No leñosa (ha)  
 $EF_{BL70\_WV}$ : Factor de emisión conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación leñosa ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{BL70\_NWV}$ : Factor de emisión conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación No leñosa ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{BL30-69\_WV}$ : Factor de emisión conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación leñosa ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{BL30-69\_NWV}$ : Factor de emisión conversión de Bosque latifoliado deg (30-69%) a Vegetación No leñosa ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{BLS70\_WVs}$ : Factor de emisión conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación leñosa seca ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{BLS70\_NWV}$ : Factor de emisión conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación No leñosa ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{BLS30-69\_WVs}$ : Factor de emisión conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación leñosa seca ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{BLS30-69\_NWV}$ : Factor de emisión conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{P70\_NWV}$ : Factor de emisión conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación No leñosa ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{P30-69\_WV}$ : Factor de emisión conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación leñosa ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{P30-69\_NWV}$ : Factor de emisión conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{PC30\_NWV}$ : Factor de emisión conversión de Cultivo Permanente arbolados (>30%) a Vegetación No leñosa (ha)

La siguiente ecuación se utiliza para evaluar las emisiones anuales de  $CO_2$  de la degradación forestal ( $E_{Deg}$ ):

$$\begin{aligned}
 E_{Deg} = \frac{44}{12} * \frac{1}{10} [ & Deg_{BL} * ASC_{BL} + Deg_{BLS} * ASC_{BLS} + Deg_P * ASC_P + AD_{PC30-BL70} * EF_{PC30-BL70} + AD_{PC30-BL30-69} \\
 & * EF_{PC30-BL30-69} + AD_{PC30-BLS70} * EF_{PC30-BLS70} + AD_{PC30-BLS30-69} * EF_{PC30-BLS30-69} \\
 & + AD_{PC30-P70} * EF_{PC30-P70} + AD_{PC30-P30-69} * EF_{PC30-P30-69} + AD_{BL70-PC30} * EF_{BL70-PC30} \\
 & + AD_{BL30-69-PC30} * EF_{BL30-69-PC30} + AD_{BLS70-PC30} * EF_{BLS70-PC30} + AD_{BLS30-69-PC30} \\
 & * EF_{BLS30-69-PC30} + AD_{P70-PC30} * EF_{P70-PC30} + AD_{P30-69-PC30} * EF_{P30-69-PC30} ]
 \end{aligned}$$

#### Ecuación 4

$E_{Deg}$ : Emisiones anuales por degradación forestal ( $tCO_2*añ^{-1}$ )  
 $Deg_{BL}$ : área de bosque latifoliado degradada o recuperada (ha)  
 $Deg_{BLS}$ : área de bosque seco ancha degradada o recuperada (ha)  
 $Deg_{BLS}$ : área de bosque de pino degradada o recuperada (ha)  
 $ASC_{BL}$ : cambio promedio en la densidad de carbono del bosque latifoliado permanente ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $ASC_{BLS}$ : cambio promedio en la densidad de carbono del bosque seco permanente ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $ASC_P$ : cambio promedio en la densidad de carbono del bosque de pino permanente ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $AD_{PC30-BL70}$ : Datos de actividad conversión Cultivos permanentes arbolados a Bosque latifoliado intacto (>70) (ha)  
 $AD_{PC30-BL30-69}$ : Datos de actividad conversión Cultivos permanentes arbolados a Bosque latifoliado degradado (30-69%) (ha)  
 $AD_{PC30-BLS70}$ : Datos de actividad conversión Cultivos Permanente arbolados (>30%) a Bosque seco intacto (>70) (ha)  
 $AD_{PC30-BLS30-69}$ : Datos de actividad conversión Cultivos permanentes arbolados a Bosque seco degradado (30-69%) (ha)  
 $AD_{PC30-P70}$ : Datos de actividad conversión Cultivos Permanente arbolados (>30%) a Bosque de pino intacto (>70) (ha)  
 $AD_{PC30-P30-69}$ : Datos de actividad conversión Cultivos Permanente arbolados (>30%) a Bosque de pino degradado (30-69%) (ha)  
 $AD_{BL70-PC30}$ : Datos de actividad conversión Bosque latifoliado intacto (>70) a Cultivos Permanente arbolados (>30%) (ha)  
 $AD_{BL30-69-PC30}$ : Datos de actividad conversión Bosque latifoliado deg (30-69%) a Cultivos Permanente arbolados (>30%) (ha)  
 $AD_{BLS70-PC30}$ : Datos de actividad conversión Bosque seco intacto (>70) a Cultivos Permanente arbolados (>30%) (ha)  
 $AD_{BLS30-69-PC30}$ : Datos de actividad conversión Bosque seco degradado (30-69%) a Cultivos Permanente arbolados (>30%) (ha)  
 $AD_{P70-PC30}$ : Datos de actividad conversión Bosque de pino intacto (>70) a Cultivos Permanente arbolados (>30%) (ha)  
 $AD_{P30-69-PC30}$ : Datos de actividad conversión Bosque de pino degradado (30-69%) a Cultivos Permanente arbolados (>30%) (ha)  
 $EF_{PC30-BL70}$ : Factores de emisión conversión Cultivos permanentes arbolados a Bosque latifoliado intacto (>70) ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{PC30-BL30-69}$ : Factores de emisión conversión Cultivos Perm arbolados a Bosque latifoliado degradado (30-69%) ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{PC30-BLS70}$ : Factores de emisión conversión Cultivos Permanente arbolados (>30%) a Bosque seco intacto (>70) ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{PC30-BLS30-69}$ : Factores de emisión conversión Cultivos permanentes arbolados a Bosque seco degradado (30-69%) ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{PC30-P70}$ : Factores de emisión conversión Cultivos Permanente arbolados (>30%) a Bosque de pino intacto (>70) ( $tC*ha^{-1}$ )  
 $EF_{PC30-P30-69}$ : Factores de emisión conversión Cultivos Permanente arbolados (>30%) a Bosque de pino deg (30-69%) ( $tC*ha^{-1}$ )

$EF_{BL70-PC30}$ : Factores de emisión conversión Bosque latifoliado intacto (>70) a Cultivos Permanente arbolados (>30%) (tC\*ha<sup>-1</sup>)  
 $EF_{BL30-69-PC30}$ : Factores de emisión conversión Bosque latifoliado deg (30-69%) a Cultivos Perm arbolados (>30%) (tC\*ha<sup>-1</sup>)  
 $EF_{BLS70-PC30}$ : Factores de emisión conversión Bosque seco intacto (>70) a Cultivos Permanente arbolados (>30%) (tC\*ha<sup>-1</sup>)  
 $EF_{BLS30-69-PC30}$ : Factores de emisión conversión Bosque seco degradado (30-69%) a Cultivos Perm arbolados (>30%) (tC\*ha<sup>-1</sup>)  
 $EF_{P70-PC30}$ : Factores de emisión conversión Bosque de pino intacto (>70) a Cultivos Permanente arbolados (>30%) (tC\*ha<sup>-1</sup>)  
 $EF_{P30-69-PC30}$ : Factores de emisión conversión Bosque de pino degradado (30-69%) a Cultivos Perm arbolados (>30%) (tC\*ha<sup>-1</sup>)

La mejora del carbono forestal incluye la conversión de tierras no forestales en tierras forestales, subdivididas en cuatro estratos: i. regeneración de nuevos bosques latifoliados de vegetación leñosa, ii. regeneración de nuevos bosques latifoliados de vegetación no leñosa, iii. regeneración de bosques secundarios de coníferas a partir de vegetación no leñosa y iv. establecimiento de cultivos perennes con más del 30% de cobertura del dosel. No se incluyen los aumentos de las reservas de carbono en los bosques secundarios preexistentes ( $\Delta C_{Conversion}$ ).

Las remociones de carbono debido al crecimiento en nuevos bosques (R) se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$R = a_1 * \frac{SR}{2} + \sum_{k=2}^{10} (a_k * \frac{SR}{2} + \sum_{i=2}^k a_{i-1} * SR)$$

Ecuación 5

R: remoción de carbono en el período de referencia en t CO<sub>2</sub>

a: área anual convertida de tierras no forestales a bosques secundarios en el período 2005-2015 (ha / año)

SR: tasa neta de secuestro (t CO<sub>2</sub> \* ha<sup>-1</sup> \* año<sup>-1</sup>)

### 3.2 Emisiones por Deforestación

Las emisiones históricas promedio de deforestación se definen como el promedio de las emisiones debidas a la deforestación de cada una de las diversas categorías de bosques durante el período de referencia; a partir de las áreas de cambio de las actividades y los factores de emisiones descritos en la sección anterior. En el cuadro 10 se resumen los cálculos. El promedio anual de emisiones de la deforestación para el período de referencia de 10 años es de 14.45 Mt CO<sub>2</sub>e / año y se debe principalmente a la deforestación de los bosques latifoliados.

Cuadro 10 Emisiones históricas promedio de carbono por deforestación durante el periodo de referencia (2005-2015)

Conversión	Área anual	Factor de Emisión		Emisión anual
	ha/año	T C/ha	t CO <sub>2</sub> /ha	t CO <sub>2</sub> /año
Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación leñosa	17,162.53	34.19	125.36	2,151,414
Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación leñosa	52,807.79	23.34	85.58	4,519,329
Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación No leñosa	20,022.95	41.25	151.24	3,028,266
Conversión de Bosque latifoliado deg (30-69%) a Vegetación No leñosa	24,863.67	30.40	111.47	2,771,434
Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación leñosa seca	1,320.19	33.91	124.32	164,128
Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación seca leñosa	22,663.34	14.73	53.99	1,223,640
Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación No leñosa	880.13	36.94	135.44	119,202
Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	6,821.01	17.76	65.11	444,099
Conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación leñosa	-	16.12	59.11	-
Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación leñosa	220.03	2.58	9.46	2,082
Conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación No leñosa	220.03	23.18	85.00	18,702
Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	220.03	9.64	35.35	7,777
Conversión de Cultivos perm arbolados (>30%) a Vegetación No leñosa	-	16.07	58.94	-
<b>Total</b>	<b>147,201.7</b>			<b>14,450,074</b>

### 3.3 Remociones de Carbono

Las remociones históricas promedio del aumento de las reservas de carbono en nuevos bosques y cultivos permanentes arbolados se calculan como el promedio de las remociones debidas al crecimiento de biomasa de cada una de las dos categorías de bosques y nuevas áreas de cultivos permanentes arbolados, durante el período de referencia. La remoción de carbono es de 2.35 Mt CO<sub>2</sub>e / año durante el período de referencia (cuadro 11).

Cuadro 11 Incremento de las reservas de carbono en bosques secundarios, durante el período de referencia 2005 - 2015.

Conversión	Remoción promedio anual 2005-2015 (R)	
	t C/ año	T CO <sub>2</sub> e/ año
Conversión de Vegetación leñosa y No leñosa a Bosque latifoliado	450,186	1,650,684
Conversión de Vegetación leñosa y No leñosa a Bosque seco	169,601	621,870
Conversión de Vegetación leñosa y No leñosa a Bosque de pino	5,941	21,783
Conversión de Vegetación leñosa y No leñosa a Cultivos permanentes arbolados	14,118	51,768
<b>Total</b>	<b>639,847</b>	<b>2,346,105</b>

### 3.4 Nivel de referencia de degradación forestal.

Las emisiones históricas de degradación se calculan como el promedio de emisiones, resultado de la pérdida de biomasa en tierras forestales que permanecen como tales, durante el período de referencia. La pérdida de biomasa debido a la degradación representa el 23% del total de las emisiones forestales y es de 2.33 Mt CO<sub>2</sub>e / año (cuadro 12).

*Cuadro 12 Estimación de la degradación forestal*

Fuente de degradación	Emisiones
Emisiones por degradación forestal en bosque natural. (tCO <sub>2</sub> *año)	2,293,386
Emisiones por degradación entre bosques naturales y cultivos permanentes. (tCO <sub>2</sub> *año)	38,655
Emisiones totales por degradación (tCO <sub>2</sub> *año)	2,332,041

### 3.5 Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

El cuadro 13 se muestra el nivel de referencia de emisiones forestales estimado para el territorio continental de Nicaragua. El total de emisiones forestales durante el periodo de referencia se estima en 14.44 Mt CO<sub>2</sub>e / año. La memoria de cálculo del NREF puede accederse en el siguiente vínculo:

[https://www.dropbox.com/s/figjdsc34p67yu0/EF\\_estimation\\_FREL\\_V3.xlsx?dl=0](https://www.dropbox.com/s/figjdsc34p67yu0/EF_estimation_FREL_V3.xlsx?dl=0)

*Cuadro 13 Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de Nicaragua*

Año	Promedio anual de emisiones históricas por deforestación durante el período de referencia. (t CO <sub>2</sub> e/año)	Promedio anual de remociones históricas durante el Período de Referencia. (t CO <sub>2</sub> e/año)	Promedio anual de emisiones históricas por degradación durante el período de referencia. (t CO <sub>2</sub> e/año)	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (t CO <sub>2</sub> e/año)
2006	14,450,074	-234,610	2,332,041	16,547,504
2007	14,450,074	-703,831	2,332,041	16,078,283
2008	14,450,074	-1,173,052	2,332,041	15,609,062
2009	14,450,074	-1,642,273	2,332,041	15,139,841
2010	14,450,074	-2,111,494	2,332,041	14,670,620
2011	14,450,074	-2,580,715	2,332,041	14,201,399
2012	14,450,074	-3,049,936	2,332,041	13,732,178
2013	14,450,074	-3,519,157	2,332,041	13,262,957
2014	14,450,074	-3,988,378	2,332,041	12,793,736
2015	14,450,074	-4,457,599	2,332,041	12,324,515
	14,450,074	-2,346,105	2,332,041	14,436,009

## IV. Análisis de incertidumbre

La incertidumbre asociada con las reducciones y remociones de emisiones se estima mediante una simulación de Monte Carlo. Las fuentes de error subyacentes en los datos y las mediciones de la deforestación, degradación y la mejora de las reservas de carbono se combinan en estimaciones de incertidumbre basadas en un intervalo de confianza del 90% con dos colas. La propagación del error se realizó utilizando la simulación de Monte Carlo mediante el procedimiento de propagación de XLSTAT<sup>20</sup>.

Para estimar la incertidumbre global del nivel de referencia, se considerarán dos fuentes de error diferentes: 1) la incertidumbre de los datos de actividad, y 2) el error de muestreo relacionado con la estimación de los factores de emisión. La incertidumbre de los factores de emisión se estima mediante el enfoque 1 de combinación de incertidumbres para suma y substracción (Ecuación 3.2, V 1, IPCC 2006 guidelines):

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1*x_1)^2+(U_2*x_2)^2+\dots+(U_n*x_n)^2}}{|x_1+x_2+\dots+x_n|} \quad \text{Ecuación 6}$$

$U_{total}$ : Porcentaje de incertidumbre en la suma de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza dividido por el total, expresado como porcentaje).

$x_1$  y  $U_1$ : las cantidades inciertas y el porcentaje de incertidumbres asociadas a ellas, respectivamente.

### 4.1 Datos de Actividad

Las posibles fuentes de incertidumbre en la evaluación visual de la cuadrícula sistemática están asociadas a i. tamaño de la muestra (densidad de la rejilla sistemática), ii. Interpretación de la LULC y iii. Calidad de las imágenes disponibles para evaluar el LULC.

**Tamaño de la cuadrícula sistemática:** el número de parcelas de muestreo de la cuadrícula sistemática es 5427. En el ejercicio de evaluación visual, se obtuvieron 5166 puntos con información sobre la cobertura del suelo en 2005 y 2015. Los 261 puntos de diferencia, corresponden a las parcelas sin respuesta, debido a la ausencia de imágenes y la cubierta de nubes. Cabe señalar que los puntos sin respuesta se distribuyen en todo el territorio continental (7a y b).

**Fotointerpretación de la cobertura:** este sesgo se controló mediante la estandarización de los criterios y el establecimiento de árboles de decisión para la evaluación visual de imágenes de alta (5) y media resolución (6). La variabilidad entre los foto-intérpretes se minimizó mediante ejercicios de entrenamiento con muestras comunes, hasta lograr la consistencia esperada. El INAFOR llevó a cabo una validación independiente mediante la verificación de la interpretación de uso y cobertura, utilizando datos de referencia obtenidos en el campo en 2008 por el IFN (207 unidades de muestreo) y la nueva medición de las parcelas del INF (69

<sup>20</sup> XLSTAT 2017: Data Analysis and Statistical Solution for Microsoft Excel. Addinsoft, Paris, France (2017)

unidades de muestreo) realizada en 2005. La 7d muestra la distribución de la muestra de puntos de evaluación visual entre los ocho foto-intérpretes.

**Resolución de la imagen:** la disponibilidad de imágenes de alta resolución no fue la misma para 2005 y 2015. 2015 tiene una mayor disponibilidad de imágenes de alta resolución. Para minimizar el error en la evaluación de la cobertura del suelo para 2005, se usó información de apoyo, como la estimación de NDVI y los mapas de ecosistemas. La discriminación entre los bosques latifoliados y de pino se llevó a cabo con el apoyo de imágenes de alta resolución de fechas posteriores.

## 4.2 Factores de Emisión por Deforestación

Dado que las emisiones se calculan como la diferencia entre dos estimaciones de las existencias promedio de carbono por hectárea, la incertidumbre de las emisiones se determina esencialmente por los errores asociados con las estimaciones de las reservas de carbono en cada depósito en cada año del período de referencia. En este caso se identifican las siguientes fuentes de error: i) errores de medición, e.g. diámetro de árbol en altura del pecho (DBH), ii) errores de predicción de las ecuaciones alométricas utilizadas para estimar la biomasa aérea y subterránea; estos errores se deben a la incertidumbre relacionada con los residuos del modelo y los parámetros del modelo, y iii) error de muestreo. Además, hay errores asociados con los diferentes parámetros utilizados en la estimación de emisiones, como la fracción de carbono del material en cuestión.

En la actualidad, Nicaragua no ha desarrollado ecuaciones alométricas de árboles de biomasa a nivel nacional o regional y, por lo tanto, se ha seleccionado un modelo alométrico global. Los modelos alométricos globales son imparciales a escala global (pantropical), pero pueden tener sesgos cuando se trabaja a escala local, regional o nacional. La ecuación de Chave et al., (2014) ha sido seleccionado en lugar de otras alternativas como la ecuación de Brown (1997).

Las ecuaciones de biomasa de Chave et al., (2014) se produjeron utilizando una base de datos global de árboles recolectados destructivamente en 58 sitios, que abarcan una amplia gama de condiciones climáticas y tipos de vegetación. El sesgo medio de esta alometría global fue de + 5.31% en todos los sitios. Según los autores, este modelo tendió a sobreestimar sustancialmente el AGB total a nivel de sitio en siete sitios (sesgo > 30%) y lo subestimó (sesgo < 30%) en un sitio. Esta ecuación alométrica generalmente alcanza el 90% de precisión en la estimación de stock de AGB en una escala de 0.25 ha en un bosque tropical húmedo.

Para probar el desempeño de la ecuación global seleccionada en el área de contabilidad, la ecuación de Chave et al., (2014) se comparó con la ecuación calibrada por Moraes et al., (2001) en sitios forestales del municipio de San Carlos, Nicaragua. Los resultados de esta comparación muestran que el factor de emisión basado en la ecuación de Chave, 63.01 t C / ha para los bosques latifoliados húmedos, es muy similar al valor, 64.33 t C / ha, obtenido con la ecuación de Moraes, con una diferencia de solo 2%.

La incertidumbre asociada con las mediciones, los parámetros, la ecuación alométrica de la biomasa aérea y la ecuación alométrica de la biomasa subterránea no se tuvieron en cuenta en la estimación del error por el método de Monte Carlo.

Finalmente, los factores de emisión con su respectiva incertidumbre se consignan en el Cuadro 9.

### 4.3 Factores de Emisión por Degradación

Se calculó la incertidumbre del cambio promedio en biomasa (perdida y ganancia), mediante Monte Carlo, (10,000 iteraciones de estimación), utilizando el error medio cuadrático (RMS) de los modelos de cobertura de copa-biomasa ajustados para bosques latifoliados húmedos, bosques secos y coníferas (Figura 10 y Figura 11), truncando la aleatorización al intervalo [0, valor AGB máximo]<sup>21</sup>. Como se aprecia en la cuadro 14, la incertidumbre de los factores de emisión neta por degradación es alta, especialmente para el bosque seco y el bosque de pino.

Cuadro 14 Factores de emisión neta por degradación con su respectiva incertidumbre

Tipo de bosque	Cambio Neto promedio AGB+BGB (t C/ha)	Incertidumbre (t C/ha)	Error %
Bosque latifoliado degradado / recuperado	3.884	± 2.474	64%
Bosque seco degradado / recuperado	-1.299	± 2.907	224%
Bosque de pino degradado / recuperado	-1.130	± 4.740	419%

### 4.4 Factores de Remoción

El incremento anual promedio de la biomasa forestal en bosque latifoliado húmedo se ha estimado en base al estudio de Moraes (2001), de regeneración de bosques en la región de Bluefields en la costa atlántica del sur de Nicaragua. Este estudio estimó las tasas de crecimiento en 4 sitios de muestra y un total de 12 parcelas. Solo se usaron las 10 parcelas con errores estándar informados para estimar el factor de remoción (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.8**), utilizando el incremento anual promedio de la biomasa promedio de las parcelas (3.41 t C / ha ± 1.02 EE).

Nicaragua no cuenta con información de campo o de literatura para la estimación de factores de remoción en bosque seco tropical. Debido a esta situación se utilizó el valor

<sup>21</sup> La memoria de calculo de este ejercicio puede accederse en el siguiente vinculo: [https://www.dropbox.com/s/figjdsc34p67yu0/EF\\_estimation\\_FREL\\_V3.xlsx?dl=0](https://www.dropbox.com/s/figjdsc34p67yu0/EF_estimation_FREL_V3.xlsx?dl=0)

por defecto de crecimiento anual neto de la biomasa aérea, para bosques secos tropicales en Norte y Sur América ( $\leq 20$  años):  $4.0 \text{ t d.m. ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  (IPCC, 2006). Se asume que esta tasa de crecimiento neto tiene el mismo porcentaje de error de la tasa de crecimiento de bosques latifoliados húmedos.

El incremento anual promedio de la biomasa de los bosques de coníferas supuso que la edad promedio de los bosques de coníferas es de 33 años. Este supuesto se basa en el trabajo realizado en Nueva Segovia, Nicaragua (Calderón y Solís, 2012)<sup>22</sup>. Tanto el factor de remoción como su incertidumbre se calcularon dividiendo el factor de emisión de coníferas y su incertidumbre por 33. Este incremento de biomasa promedio anual se consideró el factor de eliminación anual en bosques de coníferas en el nivel de referencia para de mejora de reservas de carbono.

El factor de remoción de nuevos cultivos perennes con sombra de árboles se ha calculado sobre la base de los datos de Poveda et al (2013) de las parcelas de sistemas agroforestales de cacao ubicados en Waslala, Nicaragua. El factor de remoción se ha estimado como un promedio del incremento anual de AGB-BGB en 50 parcelas. El estudio de Poveda midió las parcelas de cacao SAF en una sola región de Nicaragua (Waslala). El SAF de Cacao podría desarrollarse de manera diferente según la precipitación y la calidad del sitio, y esta variabilidad puede no estar representada en los datos de Poveda.

*Cuadro 15 Resumen de los factores de remoción, incertidumbres y fuentes de información.*

Parámetro	Valor t C/año <sup>-1</sup>	Error Estándar t C/año <sup>-1</sup>	Fuente
Tasa neta de Secuestro de carbono en Bosque Latifoliado Húmedo (SR <sub>BL</sub> )	3.40	1.02	Moraes, 2001
Tasa neta de Secuestro de carbono en Bosque Latifoliado Húmedo (SR <sub>BL</sub> )	1.88	0.56	IPCC, 2006
Tasa neta de Secuestro de carbono en Bosque de Pino (SR <sub>P</sub> )	0.90	0.10	Calderón and Solís 2012 and coniferous emission factor from INF
Tasa neta de Secuestro de carbono en Cultivos permanentes arbolados >30% (SR <sub>PC</sub> )	2.57	0.44	Poveda et al. 2013

<sup>22</sup> Calderón and Solís, 2012. Bachelor Thesis: Cuantificación del carbono almacenado en tres fincas en tres estados de desarrollo del bosque de Pino (*Pinus oocarpa*, L.) Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria

## 4.5 Cuantificación de la incertidumbre del Nivel de Referencia.

Para estimar la incertidumbre global del nivel de referencia, se consideraron dos fuentes de error: i. la incertidumbre de los datos de actividad, y ii. El error de muestreo relacionado con la estimación de los factores de emisión. La propagación de estas dos fuentes de error se realizó mediante la simulación de Monte Carlo utilizando el procedimiento de propagación de XLSTAT. Para realizar la simulación y cuantificar las emisiones totales debidas a la pérdida de bosques del área contable, así como la incertidumbre asociada, se definió la expresión que relaciona ambos grupos de variables (datos de actividad y factores de emisión).

Los Datos de Actividad y su incertidumbre se muestran en el cuadro 6. Asimismo, en el Cuadro 9 se consignan los Factores de Emisión con su respectiva incertidumbre. Cabe agregar que se asumió una distribución normal para todos los valores de Datos de Actividad y Factores de Emisión.

La Ecuación 3 es la expresión utilizada para estimar las emisiones debidas a la deforestación y su incertidumbre a través de la simulación de Monte Carlo. Con la Ecuación 4, se estima la incertidumbre asociada a la degradación y con la Ecuación 5 se estima la incertidumbre del nivel de referencia de remociones de carbono. Finalmente, con la siguiente expresión se estima la incertidumbre global del NREF:

$$E_{NREF} = E_D + E_{Deg} + R$$

*Ecuación 7*

Las emisiones netas totales que consideran los niveles de referencia de deforestación, degradación y la mejora de las reservas de carbono se incluyen en la Cuadro 20. En la Figura 12 se muestra la distribución final de los resultados de Monte Carlo para el NREF. De acuerdo al análisis de Monte Carlo la incertidumbre global del NREF se estima en 14.63%<sup>23</sup>. Este análisis considera un total de 46 variables, de las cuales 7 contribuyen con el 83% de la variabilidad de los resultados (cuadro 21): i. Cambio promedio en la densidad de carbono en Bosque latifoliado (41%); ii. Tasa neta de secuestro de carbono en bosque latifoliado húmedo (15%); iii. Tasa neta de secuestro de carbono en bosque seco (7%); iv. Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación No leñosa (6%); v. Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación leñosa (5%); vi. Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación No leñosa (5%) y vii. Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa (4%).

---

<sup>23</sup> La memoria de calculo de la incertidumbre puede accederse en el siguiente vinculo: [https://www.dropbox.com/s/l9h1nisffwigizp/Incertidumbre\\_NREF\\_V2.xlsm?dl=0](https://www.dropbox.com/s/l9h1nisffwigizp/Incertidumbre_NREF_V2.xlsm?dl=0)

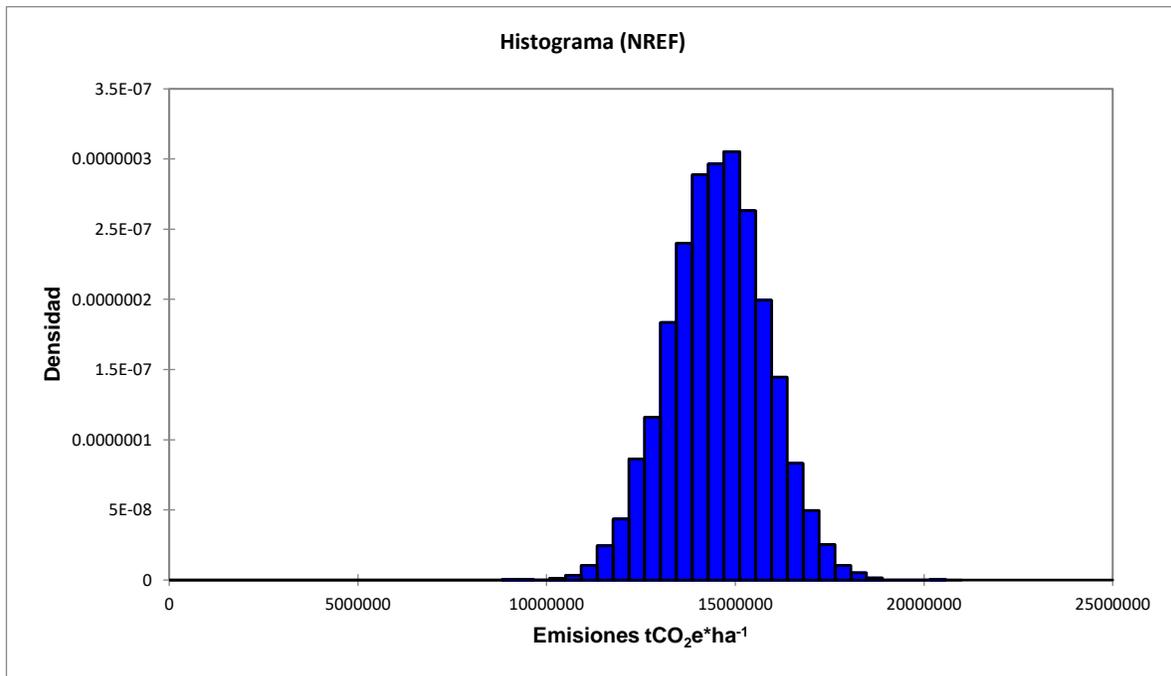
Cuadro 16 Valor medio e incertidumbre de la estimación de emisiones forestales netas totales para territorio continental de Nicaragua.

	Emisiones Netas (t CO <sub>2</sub> e/año)	Desviación Estándar (t CO <sub>2</sub> e/año)	Percentil 5% (t CO <sub>2</sub> e/año)	Percentil 95% (t CO <sub>2</sub> e/año)	Error 90%
Media	14,536,439	1,286,898	12,366,354	16,619,515	14.63%

Cuadro 17 Resultados del análisis de sensibilidad

Distribuciones		Correlación	Contribución (Absoluto)
ASC_BL	Cambio promedio en la densidad de carbono en Bosque latifoliado	0.614	41.35%
SR_BL	Tasa neta de secuestro de carbono en bosque latifoliado húmedo	-0.371	15.15%
ASC_BLS	Tasa neta de secuestro de carbono en bosque seco	0.251	6.91%
AD_BL_70-NWV	Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación No leñosa	0.226	5.59%
AD_BL_30-69-WV	Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación leñosa	0.213	5.00%
EF_BL_70- NWVEF_BL_70- NWV	Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación No leñosa	0.614	4.97%
AD_BL_30-69-NWV	Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	0.189	3.94%
Otras distribuciones			17.09%

Figura 12 Distribución de frecuencias de los resultados de la simulación de Monte Carlo para estimar la incertidumbre del NREF.



## V. Consistencia con el INGEI

Nicaragua está trabajando para alinear el NREF y el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI). Nicaragua actualizará los informes al INGEI, teniendo en cuenta las mejoras metodológicas implementadas para la construcción del NREF. Este proceso de actualización garantizará la coherencia de los informes nacionales y los presentados a la CMNUCC. La armonización de los diferentes niveles incluirá una revisión de la importancia de la degradación de los bosques, los factores de emisión, los factores de remoción y los gases.

El cuadro 22 muestra la correspondencia entre el NREF y el INGEI. El NREF y el INGEI utilizan los mismos datos de actividad y factores de emisiones, pero difieren en los factores de remoción. El INGEI también utiliza las mismas ecuaciones alométricas para estimar la biomasa aérea y subterránea.

### 5.1 Armonización del NREF e INGEI.

Durante 2019, Nicaragua actualizará las estimaciones del sector AFOLU del INGEI con los nuevos factores de emisión, remoción y datos de actividad generados en el NREF.

*Cuadro 18 Correspondencia entre el NREF y el INGEI.*

DATA	NREF	INGEI
Definición de Bosque	Definición ENDE-REDD	Definición ENDE-REDD
Categorías de bosque	Bosque latifoliado (seco y húmedo) y coníferas	Bosque latifoliado (seco y húmedo) y coníferas
Actividades REDD+	Deforestación Degradación Mejora de reservas de carbono	Deforestación Mejora de reservas de carbono Conservación de reservas de carbono
Depósitos de carbono	Biomasa aérea Biomasa subterránea	Biomasa aérea Biomasa subterránea
Gases	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> (NH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O: TIER 1)
Factores de emisión - ecuación alométrica	Chave et al., 2014	Chave et al., 2014
Factores de Emisiones categorías no forestales	Inventario Nacional Forestal	IPCC

Factores de Remoción	Moraes (2001): Tasa de Secuestro de carbono en Bosque Latifoliado Calderón y Solís 2012 y factor de emisión de coníferas de INF: Tasa de Secuestro de carbono en Bosque de Pino. Poveda et al. 2013: Tasa de Secuestro de carbono en Cultivos permanentes arbolados >30%	IPCC
Datos de actividad	Malla sistemática de puntos de muestro de evaluación visual en imágenes de alta resolución	Comparación cartográfica de mapas
Periodo de referencia	2005-2015	2000-2005-2010
TIER	3	3
Análisis de Incertidumbre	Monte Carlo	Propagación de Error

## VI. Mejoría Gradual del NREF

Nicaragua ha realizado esfuerzos considerables por fortalecer las capacidades de los técnicos en las instituciones encargadas del monitoreo, reporte y verificación de los cambios de uso de suelo y sus emisiones asociadas. Desde el año 2015 se han desarrollado talleres de fortalecimiento a técnicos de MARENA, INETER e INAFOR en los siguientes temas: teledetección; monitoreo de cambios de uso del suelo con imágenes de satélite; interpretación visual de imágenes de alta y baja resolución; estimación de factores de emisión; aplicación de las guías del IPCC; entre otros.

De cara a las actividades relacionadas al monitoreo de las emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> a nivel nacional y regional, es importante continuar con el proceso de fortalecimiento institucional y territorial desarrollando las capacidades necesarias para hacer frente a los compromisos de país ante la CMNUCC (NDC y el acuerdo de París). Para ello resulta clave la colaboración que la Convención implementando talleres nacionales de apoyo y facilitando la asistencia de expertos internacionales que contribuyan a garantizar la calidad de los reportes nacionales.

Las mayores dificultades experimentadas en el desarrollo del Nivel de Referencia han sido en la estimación de la incertidumbre y en contar con una cartografía de mayor detalle para uso local. Es de especial interés el uso de nuevas tecnologías satelitales para el análisis de flujos de carbono en bosque en áreas con alta presencia de nubosidad.

A continuación se describen mejoras técnicas que están en proceso de análisis y discusión por los equipos técnicos nacionales:

- Desarrollo de procesos de automatización para el pre-procesamiento de imágenes satelitales.
- Construcción de ecuaciones alométricas para estimar carbono en bosques según zona climática.
- Desarrollar estudios de crecimiento y captura de carbono en bosques secundarios.
- Estimar carbono orgánico en el suelo en las categorías bosque y no bosque e incluirlo en el NREF.
- Mediante imágenes de satélite ampliar los estudios sobre degradación forestal.
- Revisar y ajustar la malla de evaluación visual de Nicaragua para mejorar la estimación de la incertidumbre relacionada al uso y cobertura de la tierra; desagregación de las categorías de uso del suelo Vegetación Leñosa y Vegetación No Leñosa.
- Considerando los resultados de la asesoría internacional de empresa TERRAPULSE para calibrar los datos de actividad, se estimarán las emisiones anuales de deforestación, degradación y absorciones por ganancias.
- Ajustar la estimación del análisis de Monte Carlo aleatorizando los valores para las iteraciones realizadas en el NREF.

## VII. Bibliografía

- Brown Sandra. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer (FAO Forestry Paper-134). 134 *FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations*, (November), 3-6. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.04.018>
- Cairns, M. A., Brown, S., Helmer, E. H., Baumgardner, G. A., Cairns, M. A., Brown, S., ... Baumgardner, G. A. (1997). Root Biomass Allocation in the World 's Upland Forests. *Oecologia*, 111(1), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s004420050201>
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B. C., ... Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10), 3177-3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>
- GFOI. (2018). *Summary of Country experiences and critical issues related to estimation of activity data*. Retrieved from [https://www.reddcompass.org/documents/184/0/ActivityData\\_Inference\\_FAQ.pdf/8e93e100-c46b-4ff9-946b-6d0972fd50da](https://www.reddcompass.org/documents/184/0/ActivityData_Inference_FAQ.pdf/8e93e100-c46b-4ff9-946b-6d0972fd50da)
- INAFOR. (2008). *MANUAL DE CAMPO INVENTARIO NACIONAL FORESTAL DE NICARAGUA 2007-2008*. Managua, Nicaragua.
- Instituto Nacional Forestal. (2009). *Resultados del Inventario Forestal: Nicaragua 2007-2008*. Managua, Nicaragua.
- IPCC. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use*. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41714-6\\_62425](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41714-6_62425)
- Moraes, C. (2001). *Almacenamiento de carbono en bosques secundarios en el municipio de San Carlos, Nicaragua*. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Moraes, C., Finegan, B., Kanninen, M., Delgado, L. D., & Segura, M. (2001). *Composición florística y estructura de bosques secundarios*.
- Poveda, V., Orozco, L., Medina, C., Cerda, R., & López, A. (2013). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de cacao en Waslala, Nicaragua. *Agroforesteria En Las Américas*, 49, 42-50.