

Niveles de Referencia de las Emisiones Forestales
República de Nicaragua

ENERO 2019

Siglas y Acrónimos

AFOLU	Agricultura, forestería y usos de la tierra
AGB	Biomasa aérea
BCN	Banco Central de Nicaragua
BGB	Biomasa subterránea
CH4	Metano
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CO2	Dióxido de Carbono
CP	Conferencia de las Partes
CUT	Clase de uso de la tierra
DA	Datos de actividad
FE	Factor de Emisión
FR	Factor de Remoción
Gg	Gigagramos
GGE	Google Earth Engine
GRUN	Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
INAFOR	Instituto Nacional Forestal
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
INF	Inventario Nacional Forestal
INGEI	Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero
IPCC	Panel intergubernamental sobre el cambio climático
MAB	Programa sobre el Hombre y la Biosfera
MARENA	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales
MINED	Ministerio de Educación
Mt	Millones de toneladas
N2O	Óxido Nitroso
NDVI	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
NREF	Niveles de referencia de emisiones forestales
PNDH	Plan Nacional de Desarrollo Humano
PNF	Programa Nacional Forestal
PGR	Procuraduría General del República
RACCN	Región Autónoma de la Costa Caribe Norte
RACCS	Región Autónoma de la Costa Caribe Sur
RE	Reducción de emisiones
REDD	Reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal
SINAP	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.....	12
2.6	Datos de Actividad	14
2.6.1	Categorías de cambio de cobertura	14
2.6.2	Diseño de la evaluación visual multitemporal	15
2.6.3	Procedimientos de evaluación de calidad / control de calidad	17
2.6.4	Estimación de áreas de cambio de cobertura.....	17
2.7	Factores de emisión y remoción.....	25
2.7.1	Factores de emisión por deforestación	25
2.7.2	Factores de Remoción	26
2.7.3	Factor de emisión por degradación.....	27
III.	Calculo de las emisiones históricas anuales promedio durante el período de referencia	33
3.1	Enfoque para la estimación de emisiones y absorciones	33
3.2	Nivel de Referencia de Deforestación	36
3.3	Nivel de Referencia de Remociones de Carbono.....	37
3.4	Nivel de referencia de degradación forestal.	37
3.5	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales.....	38
IV.	Análisis de incertidumbre	40
4.1	Datos de Actividad	40
4.2	Factores de Emisión por Deforestación	41
4.3	Factores de Emisión por Degradación	42
4.4	Factores de Remoción	42
4.5	Cuantificación de la incertidumbre del Nivel de Referencia.....	45
V.	Consistencia con el INGEI	48

5.1	Armonización del NREF e INGEI.	48
VI.	Mejoría Gradual del NREF	50
VII.	Bibliografía.....	51

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 4	Categorías de cambio de uso y cobertura	16
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	18
Cuadro 6	Áreas de cambio de uso y cobertura estimadas para el territorio continental de Nicaragua.....	24
Cuadro 7	Agrupación de las categorías de cobertura del Inventario Nacional Forestal correspondientes a las categorías de cobertura del suelo consideradas en el cálculo del NREF de Nicaragua.	29
Cuadro 8	Densidades de carbono estimadas a partir de los datos del Inventario Nacional Forestal para el territorio continental de Nicaragua (NREF).....	30
Cuadro 9	Factores de emisión estimados para el territorio continental de Nicaragua (NREF)	30
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 Mascaro et al. 2005).	31
Cuadro 11	Biomasa promedio según estrato de cobertura de dosel estimada a partir del INF de Nicaragua.	32
Cuadro 12	Emisiones de carbono por deforestación durante el periodo de referencia (2005-2015)	36
Cuadro 13	Incremento de las reservas de carbono en bosques secundarios, durante el período de referencia 2005 - 2015.....	37
Cuadro 14	Estimación de la degradación forestal	38
Cuadro 15	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de Nicaragua	39
Cuadro 16	Factores de emisión neta por degradación con su respectiva incertidumbre .	42
Cuadro 17	Resumen de los factores de remoción, incertidumbres y fuentes de información.	43
Cuadro 18	Estimaciones de los factores de emisión, errores de muestreo asociados y distribución subyacente.	44
Cuadro 19	Factores de Emisión y Función de distribución de probabilidad para tipo de cobertura.	46
Cuadro 20	Valor medio e incertidumbre de la estimación de emisiones forestales netas totales para territorio continental de Nicaragua.	46

Cuadro 21 Resultados del análisis de sensibilidad	47
Cuadro 22 Correspondencia entre el NREF y el INGEI.....	48

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.	21
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.....	22
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	23
Figura 8 Distribución de las unidades de muestreo del INF en Nicaragua siguiendo el diseño sistemático de una red mundial de 10´x10´	28
Figura 9 Ejemplo de diseño de la unidad de muestreo del INF de Nicaragua (INAFOR, 2007).	28
Figura 10 Relación entre la cubierta forestal de pino y la biomasa.	29
Figura 11 Relación entre cobertura de dosel y biomasa (AGB+BGB) en bosques latifoliados de Nicaragua.....	32
Figura 12 Distribución de frecuencias de los resultados de la simulación de Monte Carlo para estimar la incertidumbre del NREF.....	47

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 (CO₂) 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 (CO₂) 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 km²; de los cuales 120,293.7 Km² son tierra firme, 471.9 Km² territorio insular, 10,407.6 Km² lagos y lagunas, y 148 Km² 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/km². 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) 2012-2016¹, 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

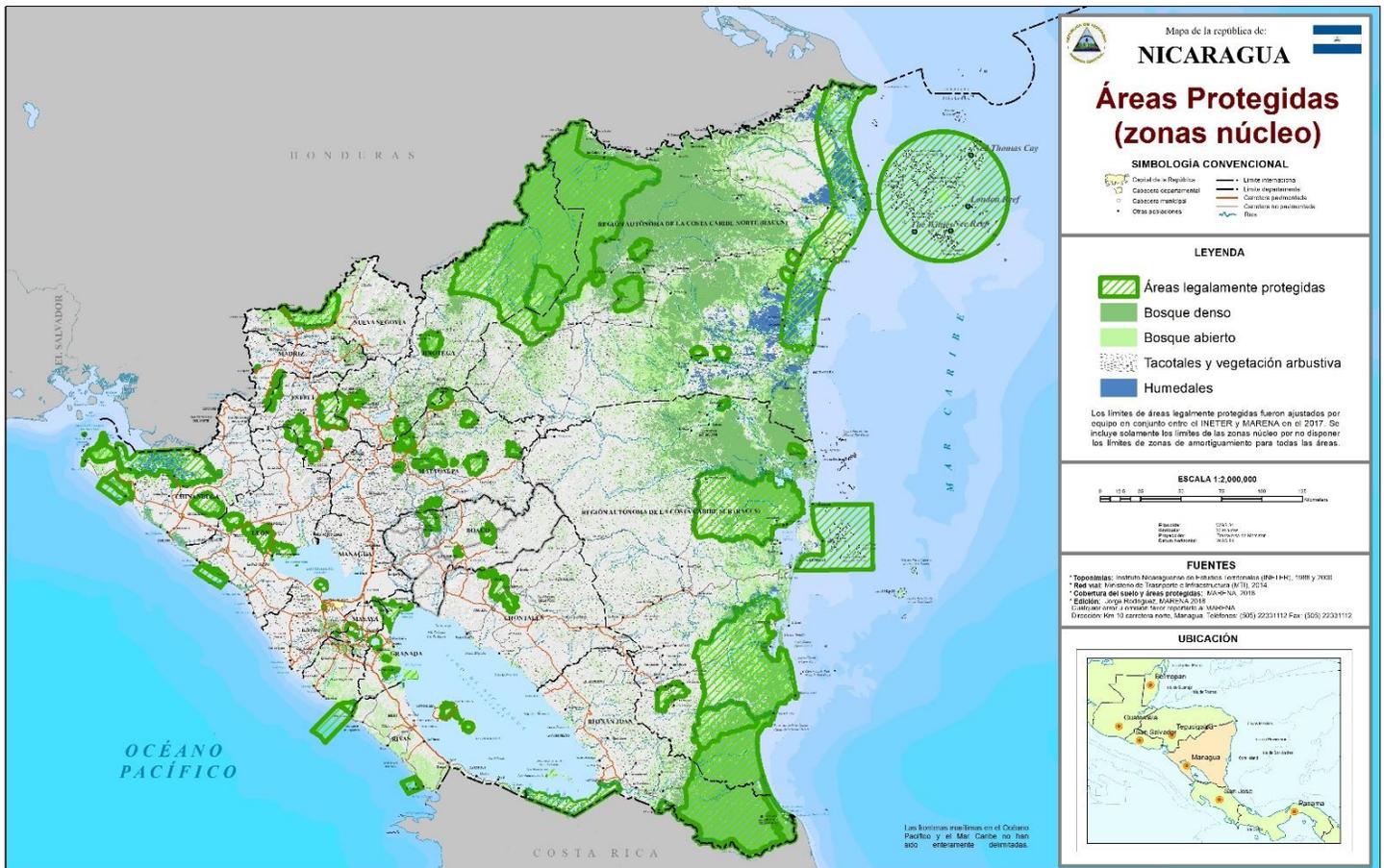
Nicaragua también cuenta con 107 Reservas Silvestres Privadas que son áreas de conservación y protección, que de forma voluntaria sus propietarios se han integrado al SINAP y son reconocidos por MARENA a través de resoluciones ministeriales. Como parte de la gestión ambiental local, los municipios, a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

¹ 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
Total	72

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)².

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 CO₂ fueron del sector agricultura, forestería y usos de la tierra (AFOLU) con 10,364 Gg CO₂e. 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.

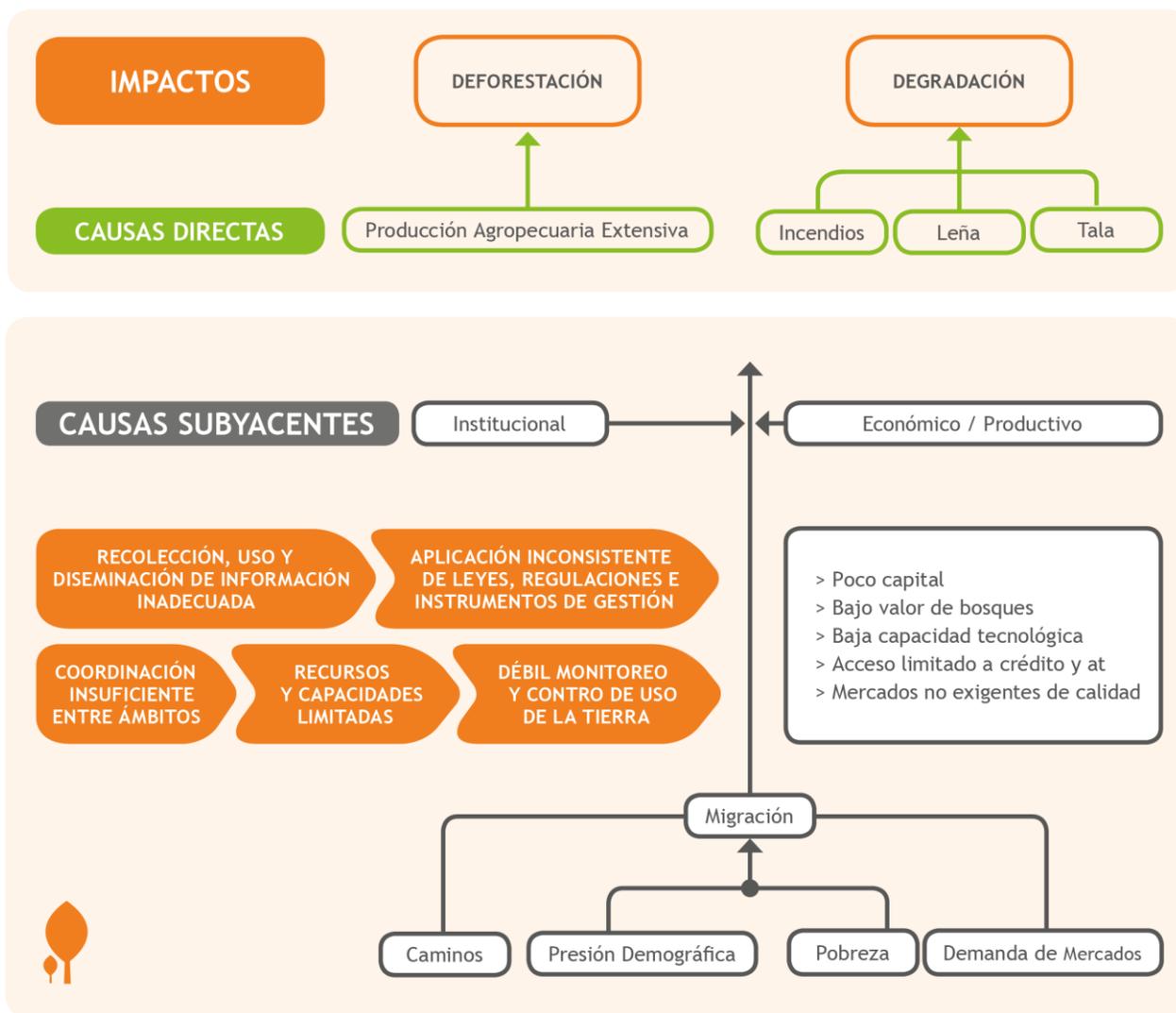
Según los mapas de cobertura de suelo 2000, 2005, 2010 y 2015 elaborados por INETER - MARENA 2017, entre el 2000 y el 2010, el bosque latifoliado cerrado se disminuyó de 3 millones de ha a 2.2 millones de ha. Para el período 2010 a 2015 el bosque latifoliado abierto pasó de 1,8 millones de ha a 1.2 millones 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.

² Banco Central de Nicaragua 2015. Cuenta Satélite de Turismo de Nicaragua 2014. Managua, Nicaragua. 6 p.

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 desencadenantes³. Por esta razón, diversos estudios clasifican las causas DyD en causas directas e indirectas o subyacentes⁴. 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



³ 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)

⁴ 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. Este es el mismo que se ha definido para el Programa de Reducción de Emisiones.

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/CP16⁵). 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 10⁶ y párrafo c del anexo⁷. Se excluyen sumideros o fuentes de emisiones relacionadas con la conservación y el manejo forestal.

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 15.65 Mt CO₂-e * año⁻¹.

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 3.60 Mt CO₂-e*año⁻¹.

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

⁵ 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;

⁶ 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;

⁷ (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;

subcategoría. El promedio anual de remociones de esta fuente es de $-2.85 \text{ MtCO}_2\text{-e}\cdot\text{año}^{-1}$.

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

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).

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 CO₂ (CH₄ o N₂O).

El Nivel de referencia no incluye las emisiones de gases no CO₂ 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 CO₂.

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 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 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 carbono y con su respectiva incertidumbre. Este componente no está incluido en el nivel de referencia.

2.6 Datos de Actividad

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).

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 de tamaño (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 elemento⁸.

2.6.1 Categorías de cambio de cobertura

La estimación de datos de actividad y Factores de Emisión se realiza de acuerdo a las categorías de cambio consignadas en el cuadro 4. Se incluye como bosque la Categoría de Cultivos perennes con cobertura de dosel > 30%. 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 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. Un total de 30 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).

⁸ 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.

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: 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 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 5. 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.
- 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.

Cuadro 4 Categorías de cambio de uso y cobertura

Núm.	Categorías de cambio de uso y cobertura	
1		Bosque latifoliado intacto (cobertura de dosel estable >70%)
2		Bosque latifoliado degradado (cobertura de dosel estable 30%-69%)
3		Degradación de Bosque latifoliado (transición de la cobertura de dosel de >70% a 30%-69%)
4		Mejora de Bosque latifoliado (transición de la cobertura de dosel de 30%-69% a 70%)
5	Tierras forestales que permanecen como tales	Bosque seco intacto (cobertura de dosel estable >70%)
6		Bosque seco degradado (cobertura de dosel estable 30%-69%)
7		Degradación de Bosque Seco (transición de la cobertura de dosel de >70% a 30%-69%)
8		Mejora de Bosque seco (transición de la cobertura de dosel de 30%-69% a 70%)
9		Bosque de pino intacto (cobertura de dosel estable >70%)
10		Bosque de pino degradado (cobertura de dosel estable 30%-69%)
11		Degradación de Bosque de pino (transición de la cobertura de dosel de >70% a 30%-69%)
12		Mejora de Bosque de pino (transición de la cobertura de dosel de 30%-69% a 70%)
13		Cultivos permanentes arbolados (cobertura de dosel >30%)
14		Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación leñosa
15		Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación leñosa
16		Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación No leñosa
17	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo / pastizales (Deforestación)	Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa
18		Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación seca leñosa
19		Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación seca leñosa
20		Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación No leñosa
21		Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa
22		Conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación leñosa
23		Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación leñosa
24		Conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación No leñosa
25		Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa
26		Conversión de Cultivos permanentes arbolados (>30%) a Vegetación No leñosa
27	Tierra convertida en tierra forestal	Conversión de Vegetación leñosa y No leñosa a Bosque latifoliado
28		Conversión de Vegetación leñosa y No leñosa a Bosque seco
29		Conversión de Vegetación leñosa y No leñosa a Bosque de pino
30		Conversión de Vegetación leñosa y No leñosa a Cultivos permanentes arbolados
31	Tierras no forestales que permanecen como tales	Tierras no forestales
32	Área sin información o transiciones no consideradas.	

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.
- Control de la variabilidad entre Foto- interpretes: 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 re-medición de parcelas del INF (69 unidades de muestreo) realizada en el 2015.
- 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 **Error! Reference source not found.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 **7C** se muestra el mapa de Régimen hídrico y áreas de contabilidad subnacionales del territorio continental de Nicaragua. En la **Error! Reference source not found.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 6, 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 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

Num	Categoría de Cobertura	Código	Descripción	Información auxiliar para la clasificación de la cobertura	
				Evaluación 2005	Evaluación 2015
1	Bosque latifoliado degradado 30-69%	BL-d	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
2	Bosque latifoliado intacto >70%	BL-i			
3	Bosque de pino degradado 30--69%	BP-d	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%	BP-i			
5	Cultivo Permanente arbolado > 30% (bosque)	Bos-CP	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
6	Cultivo Permanente < 30% (no bosque)	Nbos-CP	Café y Cacao con sombra <30%, Palma Aceitera, Musáceas, Bambú, Coco		

Num	Categoría de Cobertura	Código	Descripción	Información auxiliar para la clasificación de la cobertura	
				Evaluación 2005	Evaluación 2015
					CAVAMA. INAFOR.
7	Ecosistemas y Áreas agropecuarias arboladas	Tac	Superficie mixta de cultivos y pastos con vegetación arbustiva, tacotales y cultivos anuales arbolados.	Valor NDVI 2005	N/A
8	Cultivos anuales y suelos desnudo	Ca	Áreas o tierras desprovistas de vegetación, con suelos en preparación para cultivo. Incluye suelos compuesto de arena y rocas, muy limitadas o no aptas para producción agropecuaria. Incluye las zonas de derrumbe, cauces de los ríos con evidencia de inundación reciente, y las zonas de extracción de material selecto. (e.g. Playas, costas, afloramientos rocosos, minería)	Valor NDVI 2005	Mapa de monitoreo de la producción cultivos 2016-2017. INETER.
9	Pastos	P	Pastos con y sin manejo sin arboles	Valor NDVI 2005	N/A
10	Sabanas naturales	Snat	Pastos naturales asociados a Pino	No disponible	No disponible
11	Humedales	Tsi	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	Lag	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	Urb	Áreas pobladas con construcciones significativas. Incluye las viviendas dispersas en el campo y todas las zonas	Capas de polígonos de poblados de INETER 2015 y la	Capas de polígonos de poblados de INETER 2015 y la

Num	Categoría de Cobertura	Código	Descripción	Información auxiliar para la clasificación de la cobertura	
				Evaluación 2005	Evaluación 2015
			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 granjas avícolas y otros complejos industriales.	capa de caminos de ENDE-MARENA	capa de caminos de ENDE-MARENA
14	Sombras y Nubes	Nub	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-info	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 6 Árbol de decisión para la foto-interpretación de la cobertura de la tierra en el área de contabilidad, utilizando imágenes de baja resolución

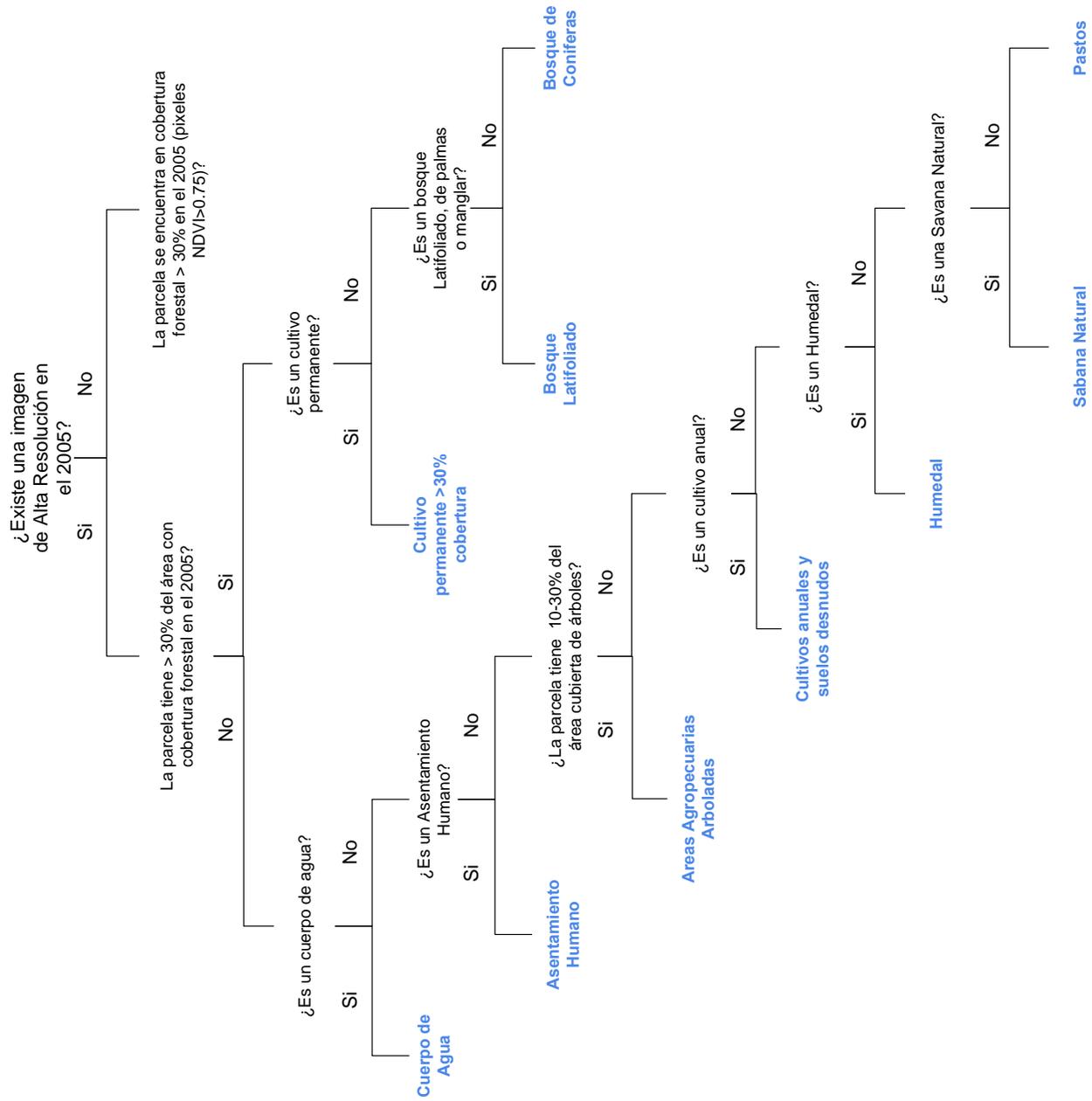
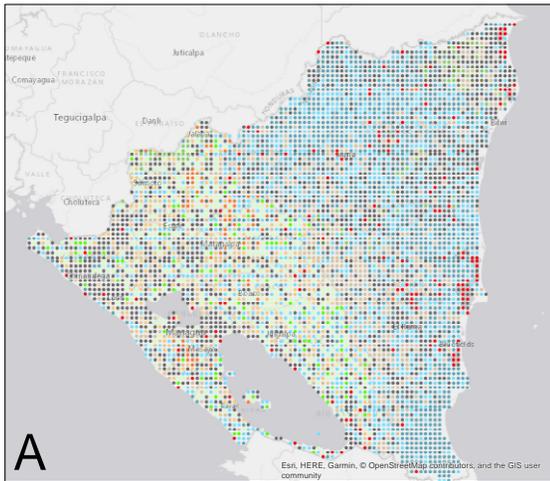
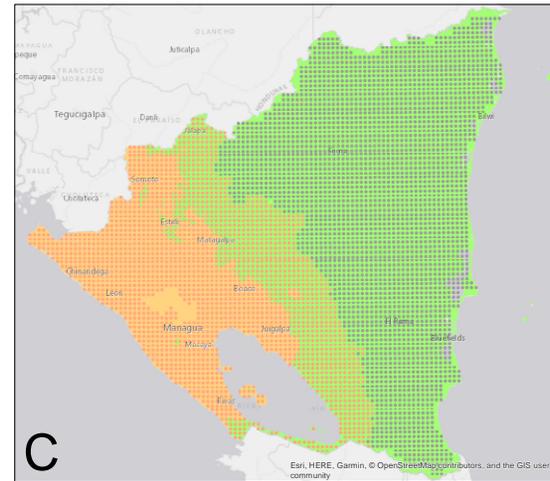


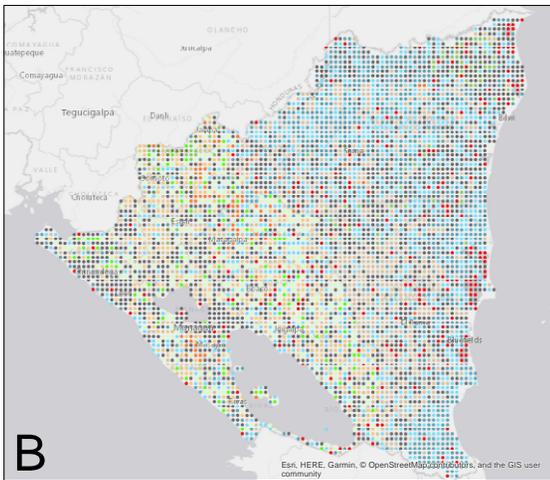
Figura 7 Figuras A y B corresponden a la clase de cobertura y uso, determinado para el 2005 y el 2015, consignado en los datos de referencia. Figura C: Régimen hídrico y áreas de contabilidad subnacionales del territorio continental de Nicaragua. Figura D: Distribución espacial según interprete de los 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>.



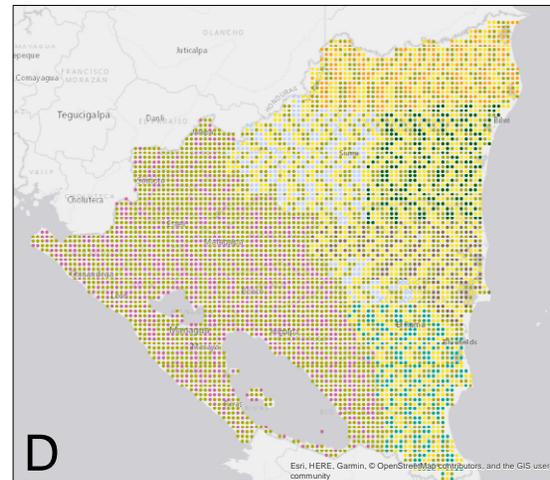
- Legend**
- Reference Data**
- REDD Classes 2005**
- Broadleaf forest >70%
 - Broadleaf degraded forest 30-69%
 - Broadleaf forest >70% Dry
 - Broadleaf degraded dry forest 30-69%
 - Pine Forest >70%
 - Pine degraded forest 30-69%
 - Permanent crop >30% (Forest)
 - Woody Vegetation
 - Dry woody Vegetation 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 6 Áreas de cambio de uso y cobertura estimadas 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
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.		574,284.72	67,983	12%	0.048	261	34,685
		Total Accounting Area (ha)	11,941,161.62			1.000	5427	

⁹ 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/c2frt7kn1n6myna/ActivityData_NREF_Nicaragua.xlsx?dl=0.

2.7 Factores de emisión y remoción

2.7.1 Factores de emisión por deforestación

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 **Error! Reference source not found.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. 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. 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 7 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 de los árboles se calcula usando las ecuaciones alométricas generales de Chave et al. (2014) para cada árbol y, finalmente, se calcula el promedio de biomasa en toneladas de materia seca por hectárea ($t\ dm*ha^{-1}$), 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 8 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 (**Error! Reference source not found.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 9, se presentan los Factores de Emisión (FE) para las categorías de cambio de tierras forestales a pasturas y cultivos para el territorio nacional.

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 CO₂ / ha 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 se obtiene a partir de referencias bibliográficas sobre la regeneración forestal y la acumulación de biomasa en Nicaragua. El incremento anual promedio de la biomasa forestal se ha estimado según el estudio desarrollado por Mascaro et al., 2005, 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 10) 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 años¹⁰. Con esta información, el factor de remoción en el bosque de coníferas se ha calculado de la siguiente manera:

$$SR_P = \frac{CD_P_70}{33}$$

Dado que CD_P_70 es de 29.71 t C / ha, la tasa de secuestro SRP es de 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.

Finalmente, 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 (± 0.88) t C / ha / año.

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 11). Para cada estrato se estima la biomasa promedio (AGB+BGB) y se relaciona con la cobertura del dosel utilizando una regresión lineal (**Error! Reference source not found.**).

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 **Error! Reference source not found.** 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 5.679 ± 3.036 t C / ha en bosques latifoliados y -0.886 ± -5.085 t C / ha en bosques secos y -1.146 ± 8.570 t C / ha en bosques de pino¹¹.

¹⁰ 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

¹¹ 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/mtw2p2da68rz07i/EF_estimation_FREL_V2.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'.

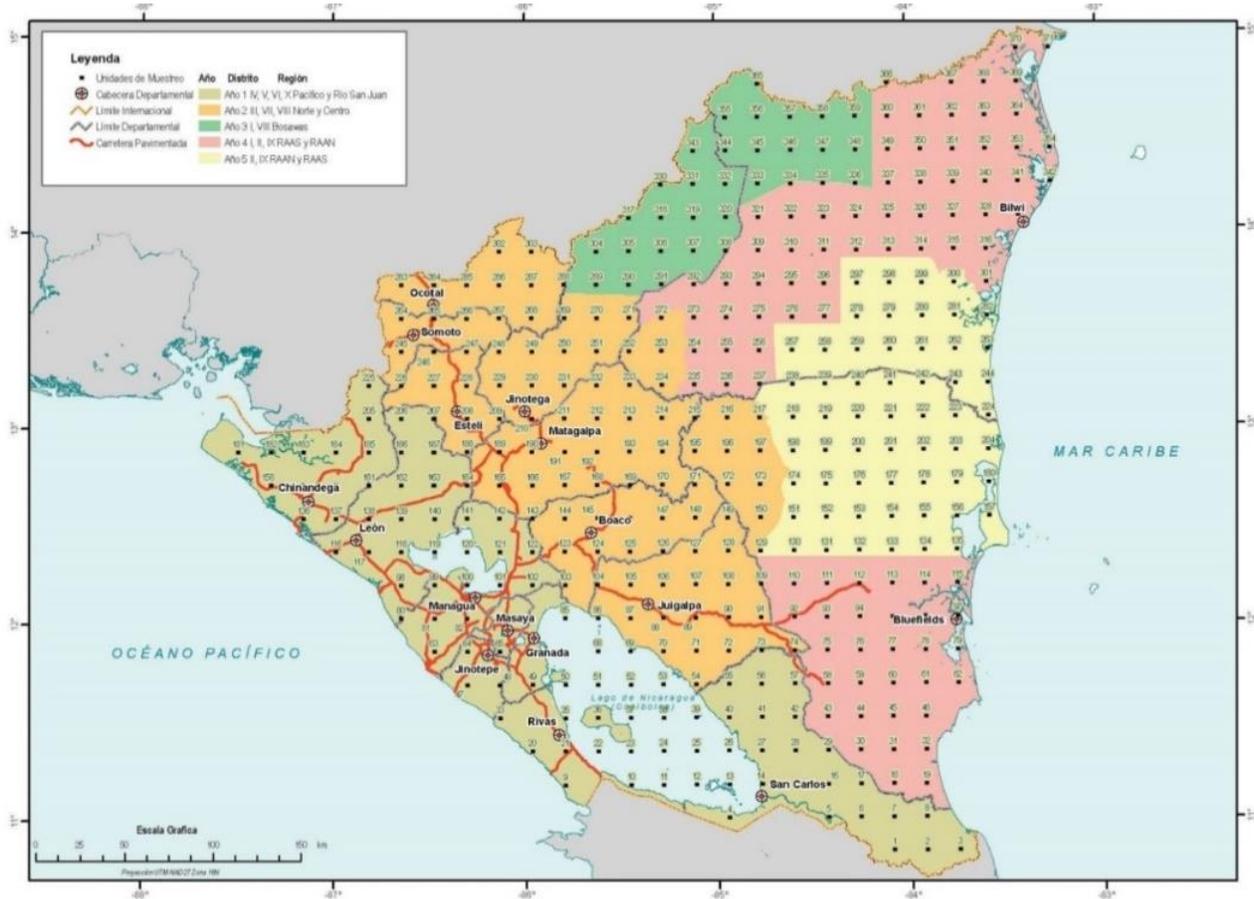


Figura 9 Ejemplo de diseño de la unidad de muestreo del INF de Nicaragua (INAFOR, 2007).

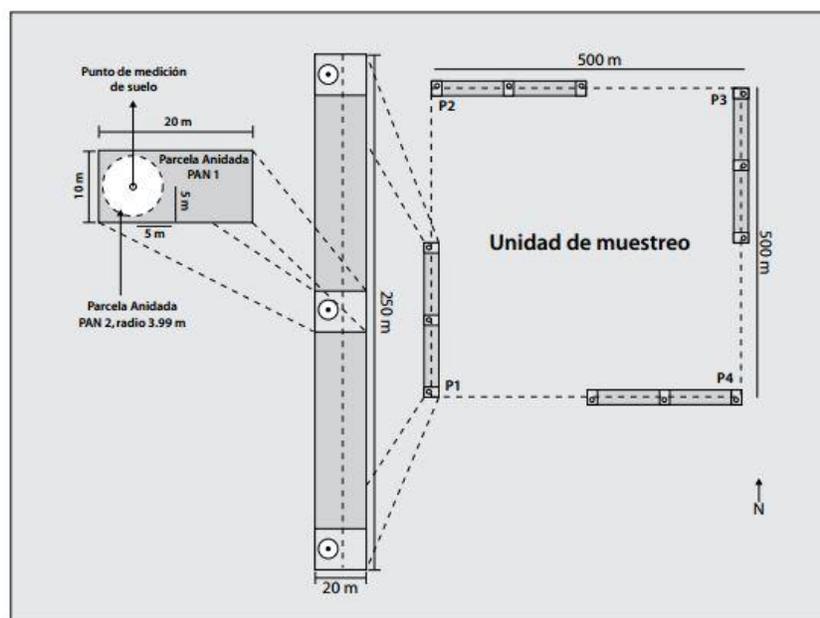
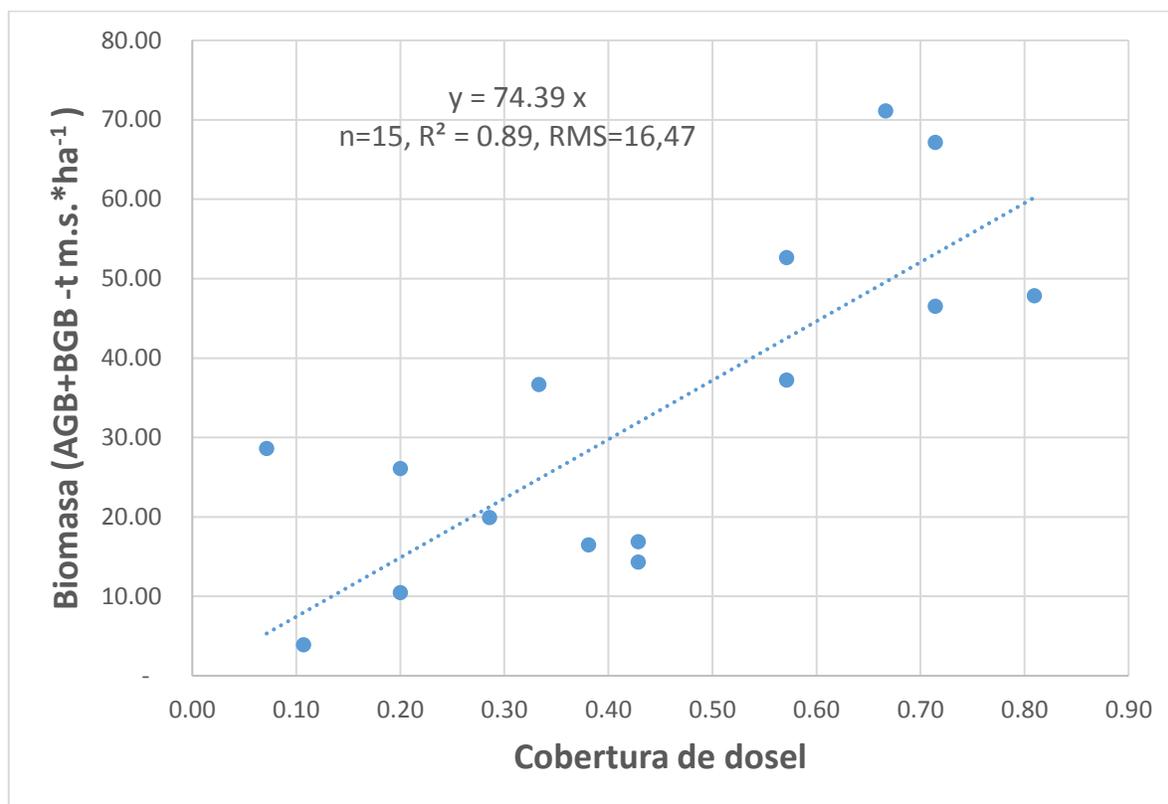


Figura 10 Relación entre la cubierta forestal de pino y la biomasa.



Cuadro 7 Agrupación de las categorías de cobertura del Inventario Nacional Forestal correspondientes a las categorías de cobertura del suelo consideradas en el cálculo del NREF de Nicaragua.

Categoría de cobertura NREF	Categoría de cobertura INF	Categoría de cobertura NREF	Categoría de cobertura INF
Bosque latifoliado >70% (BL_70)	BNLIMD	Vegetación leñosa (WV)	Ar
	BNLPMD		CAA
	BNLSMD		CP
Bosque latifoliado degradado 30-69% (BL_30-69)	BNLID		GEA
	BNLPD		HUE
	BNLSD		PNA
Bosque de Pino intacto >70% (P_70)	BNCDD		SA
	BNCMD		SILVO
	BNCMD		TA
Bosque de Pino degradado 30-69% (P_30-69)	BNCDMR		Vegetación No leñosa (NWV)
	BNCDR	CA	
	BNCJR	GPCM	
	BNCMMR	GPSM	
	BNCMR	H	
	BNCRR	Pn	
	CAFESA	S	

Cultivo permanente arbolado > 30% (PC_30)	CAFESN		SD
	CC		
	FR		

Cuadro 8 Densidades de carbono estimadas a partir de los datos del Inventario Nacional Forestal para el territorio continental de Nicaragua (NREF).¹²

Categorías de cobertura	Densidad de Carbono (t C/ha)		
	Promedio	Error	n
Bosque latifoliado intacto (cobertura de dosel >70%)	50.24	8.84	111
Bosque latifoliado degradado (cobertura de dosel 30%-69%)	39.58	5.21	111
Bosque seco intacto (cobertura de dosel >70%)	43.52	11.36	20
Bosque seco degradado (cobertura de dosel 30%-69%)	24.51	5.54	44
Bosque de pino intacto (cobertura de dosel >70%)	29.72	6.59	
Bosque de pino degradado (cobertura de dosel 30%-69%)	16.13	6.53	25
Cultivos permanentes arbolados (cobertura de dosel >30%)	21.39	8.82	35
Vegetación Leñosa	14.28	2.61	273
Vegetación Seca Leñosa	9.19	1.81	118
Vegetación No leñosa	5.36	1.54	396
	Total		1133

Cuadro 9 Factores de emisión estimados para el territorio continental de Nicaragua (NREF)¹³

Conversión	Factor de Emisión NREF t C*ha ⁻¹	Densidades de carbono NREF	
		Antes de la conversión t C*ha ⁻¹	Posterior a la conversión t C*ha ⁻¹
Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación leñosa	35.96	50.24	14.28
Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación No leñosa	44.88	50.24	5.36
Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación seca leñosa	34.33	43.52	9.19
Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación No leñosa	38.16	43.52	5.36
Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación leñosa	25.30	39.58	14.28

¹² Los datos utilizados y la memoria de cálculo de los factores de emisión pueden accederse en el siguiente vínculo: https://www.dropbox.com/s/mtw2p2da68rz07i/EF_estimation_FREL_V2.xlsx?dl=0

¹³ Los datos utilizados y la memoria de cálculo de los factores de emisión pueden accederse en el siguiente vínculo: https://www.dropbox.com/s/mtw2p2da68rz07i/EF_estimation_FREL_V2.xlsx?dl=0

Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	34.22	39.58	5.36
Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación seca leñosa	15.32	24.51	9.19
Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	19.15	24.51	5.36
Conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación leñosa	15.44	29.72	14.28
Conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación No leñosa	24.36	29.72	5.36
Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación leñosa	1.85	16.13	14.28
Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	10.77	16.13	5.36
Conversión de Cultivos permanentes arbolados (>30%) a Vegetación No leñosa	16.03	21.39	5.36

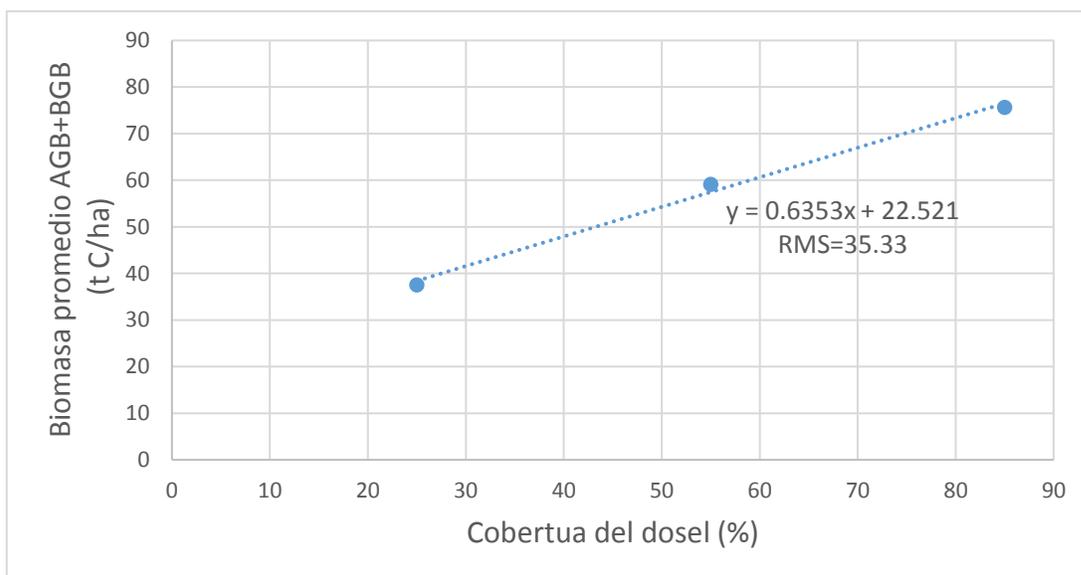
Cuadro 10 Promedio de incremento anual y error estándar de AGB reportados por Mascaro et al 2005 en 10 parcelas forestales en Nicaragua. (Adaptado de Mascaro et al. 2005).

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 Mascaro et al 2005 (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
Promedio			3.41	1.02

Cuadro 11 Biomasa promedio según estrato de cobertura de dosel estimada a partir del INF de Nicaragua.

Cobertura de dosel (%)	Biomasa (AGB+BGB) t C/ha
85% (bosque muy denso)	75.68
55% (bosque denso)	59.14
25% (bosque abierto)	37.56

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) ¹⁴ (ecuación 1). Los cambios en las existencias de carbono en el área contable se calculan por el método de "pérdidas y ganancias", como se propone en el Capítulo 2, vol. 4 de las Directrices del IPCC (2006), (ecuación 2); como la suma de los cambios anuales en los diferentes reservorios (e.g. biomasa aérea, biomasa subterránea, etc.), para cada una de las categorías de cambio.

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

ΔC : Cambio anual en las existencias de carbono en el reservorio, t C yr⁻¹

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.

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

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

ΔC_G : Aumento anual de las reservas de carbono debido al crecimiento de la biomasa en toneladas (t C yr⁻¹)

ΔC_L : Disminución anual de las reservas de carbono debido a la pérdida de biomasa en toneladas (t C yr⁻¹)

¹⁴ IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use.

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 dos categorías: conversión a vegetación leñosa y la conversión a vegetación no leñosa húmeda o 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 CO₂ derivadas de la deforestación (E_D):

$$E_D = 0.47 * \frac{44}{12} * \frac{1}{10} [A_{DBL70-WV} * [CD_{BL70} - CD_{WV}] + AD_{BL70-NWV} * [CD_{BL70} - CD_{NWV}] + AD_{BL30-69-WV} * [CD_{BL30-69} - CD_{WV}] + AD_{BL30-69-NWV} * [CD_{BL30-69} - CD_{NWV}] + A_{DBLS70-WVs} * [CD_{BLS70} - CD_{WVs}] + AD_{BLS70-NWVs} * [CD_{BL70} - CD_{NWV}] + AD_{BLS30-69-WVs} * [CD_{BLS30-69} - CD_{WVs}] + AD_{BLS30-69-NWVs} * [CD_{BLS30-69} - CD_{NWVs}] + AD_{P70-NWV} * [CD_{P70} - CD_{NWV}] + AD_{P30-69-WV} * [CD_{P30-69} - CD_{WV}] + AD_{P30-69-NWV} * [CD_{P30-69} - CD_{NWV}]]$$

Ecuación 3

AD_{BL70_WV} : Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación leñosa (ha)

AD_{BL70_NWV} : Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación No leñosa (ha)

$AD_{BL39-69_WV}$: Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación leñosa (ha)

$AD_{BL39-69_NWV}$: Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa (ha)

AD_{BLS70_WVs} : Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación leñosa seca (ha)

AD_{BLS70_NWV} : Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación No leñosa (ha)

$AD_{BLS39-69_WVs}$: Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación leñosa seca (ha)

$AD_{BLS39-69_NWV}$: Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa (ha)

AD_{P70_NWV} : Conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación No leñosa (ha)

AD_{P30-69_WV} : Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación leñosa (ha)

AD_{P30-69_WV}: Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa (ha)

CD_{BL70}: Densidad de carbono del bosque latifoliado intacto (> 70%) (t.m.s / ha)

CD_{BL30-69}: Densidad de carbono del bosque latifoliado degradado (30-69%) (t.m.s / ha)

CD_{BL70}: Densidad de carbono del bosque seco intacto (> 70%) (t.m.s / ha)

CD_{BL30-69}: Densidad de carbono del bosque seco degradado (30-69%) (t.m.s / ha)

CD_{P70}: Densidad de carbono del bosque de pino intacto (>70%) (t.m.s / ha)

CD_{P30-69}: Densidad de carbono del bosque de pino degradado (30-69%) (t.m.s / ha)

CD_{WV}: Densidad de carbono de la vegetación leñosa (t.m.s / ha)

CD_{WVS}: Densidad de carbono de la vegetación leñosa seca (t.m.s / ha)

CD_{NWV}: Densidad de carbono de la vegetación no leñosa (t.m.s / ha)

La siguiente ecuación se utiliza para evaluar las emisiones anuales de CO₂ de la degradación (E_{Deg}):

$$E_{Deg} = \frac{44}{12} * \frac{1}{10} [Deg_{-BL} * ASC_{BL} + Deg_{BLS} * ASC_{BLS} + Deg_P * ASC_P]$$

Ecuación 4

Deg_{BL}: área de bosque latifoliado degradada o recuperada (ha)

Deg_{BL}: 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

ASC_{BL}: cambio promedio en la densidad de carbono del bosque seco permanente

ASC_P: cambio promedio en la densidad de carbono del bosque de pino permanente

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.

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 CO₂

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

SR: tasa de secuestro (t CO₂ / ha año)

3.2 Nivel de Referencia de 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 12 se resumen los cálculos. El promedio anual de emisiones de la deforestación para el período de referencia de 10 años es de 15.65 Mt CO₂e / año y se debe principalmente a la deforestación de los bosques latifoliados.

Cuadro 12 Emisiones de carbono por deforestación durante el periodo de referencia (2005-2015)

Conversión	Área anual	Densidad de carbono		Factor de Emisión		Emisión anual
	ha/año	Antes de la conversión t C/ha	Posterior a la conversión t C/ha	T C/ha	t CO ₂ /ha	t CO ₂ /año
Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación leñosa	17,162.53	50.24	14.28	35.96	131.84	2,262,622.39
Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación leñosa	52,807.79	39.58	14.28	25.30	92.77	4,898,822.06
Conversión de Bosque latifoliado intacto (>70) a Vegetación No leñosa	20,022.95	50.24	5.36	44.88	164.54	3,294,654.26
Conversión de Bosque latifoliado degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	24,863.67	39.58	5.36	34.22	125.48	3,119,791.12
Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación leñosa seca	1,320.19	43.52	9.19	34.33	125.87	166,175.91
Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación seca leñosa	22,663.34	24.51	9.19	15.32	56.16	1,272,851.18
Conversión de Bosque seco intacto (>70) a Vegetación No leñosa	880.13	43.52	5.36	38.16	139.92	123,145.51
Conversión de Bosque seco degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	6,821.01	24.51	5.36	19.15	70.21	478,893.30
Conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación leñosa	-	29.72	14.28	15.44	56.60	-
Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación leñosa	220.03	16.13	14.28	1.85	6.77	1,490.21

Conversión de Bosque de pino intacto (>70) a Vegetación No leñosa	220.03	29.72	5.36	24.36	89.31	19,650.16
Conversión de Bosque de pino degradado (30-69%) a Vegetación No leñosa	220.03	16.13	5.36	10.77	39.48	8,687.23
Conversión de Cultivos permanentes arbolados (>30%) a Vegetación No leñosa	-	21.39	5.36	16.03	58.77	-
Total	147,201.7					15,646,783.3

3.3 Nivel de Referencia de 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 2.85 Mt CO₂e / año durante el período de referencia (cuadro 13).

Cuadro 13 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 ₂ 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	307,627	1,127,967
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
Total	777,873	2,852,202

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 3.72 Mt CO₂e / año (cuadro 14).

Cuadro 14 Estimación de la degradación forestal

Tierras forestales que permanecen como tales		Área (ha)
Bosque latifoliado estable		1,863,675
Bosque latifoliado degradado / recuperado		1,894,479
Bosque seco estable		105,616
Bosque seco degradado / recuperado		530,278
Bosque de pino estable		85,813
Bosque de pino degradado / recuperado		134,220
Área de bosque permanente		4,614,081
Tipo de bosque		Cambio Neto en biomasa durante el periodo 2005-2015 (t C/ha)
Bosque latifoliado		5.68
Bosque Seco		-0.89
Bosque de Pino		-1.15
Tipo de Bosque		Emisiones durante el periodo 2005-2015 (t C)
Bosque latifoliado		10,758,905
Bosque Seco		(469,676)
Bosque de Pino		(153,861)
Total de Emisiones		10,135,368
Significancia de la Degradación		
Emisiones por degradación forestal (tCO ₂ /año)		3,716,301
Total de Emisiones (tCO ₂ /año)		16,510,883
% de Emisiones por degradación		23%

3.5 Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

El cuadro 15 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 16.51 Mt CO₂e / año. La memoria de cálculo del NREF puede accederse en el siguiente vínculo:

https://www.dropbox.com/s/162ozm55llz7v9l/Reference_Level_FREL_V2.xlsx?dl=0.

Cuadro 15 Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de Nicaragua

Año	Promedio anual de emisiones históricas por deforestación durante el período de referencia. (t CO ₂ e/año)	Promedio anual de remociones históricas durante el Período de Referencia. (t CO ₂ e/año)	Promedio anual de emisiones históricas por degradación durante el período de referencia. (t CO ₂ e/año)	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (t CO ₂ e/año)
2006	15,646,783	-285,220	3,716,301	19,077,865
2007	15,646,783	-855,660	3,716,301	18,507,424
2008	15,646,783	-1,426,101	3,716,301	17,936,984
2009	15,646,783	-1,996,541	3,716,301	17,366,544
2010	15,646,783	-2,566,981	3,716,301	16,796,103
2011	15,646,783	-3,137,422	3,716,301	16,225,663
2012	15,646,783	-3,707,862	3,716,301	15,655,223
2013	15,646,783	-4,278,302	3,716,301	15,084,782
2014	15,646,783	-4,848,743	3,716,301	14,514,342
2015	15,646,783	-5,419,183	3,716,301	13,943,902
	15,646,783	-2,852,202	3,716,301	16,510,883

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.

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 propagación de estas dos fuentes de error se realizará utilizando la simulación de Monte Carlo mediante el procedimiento de propagación de XLSTAT¹⁵.

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 (**Error! Reference source not found.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 (**Error! Reference source not found.5**) y media resolución (**Error! Reference source not found.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 unidades de muestreo) realizada en 2005. La **Error! Reference source not found.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

¹⁵ XLSTAT 2017: Data Analysis and Statistical Solution for Microsoft Excel. Addinsoft, Paris, France (2017)

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; 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%.

Finalmente, se consideró la distribución subyacente (función de distribución de probabilidad) de los factores de emisión para la estimación de la incertidumbre del nivel de referencia (cuadro 16). La incertidumbre asociada con las mediciones, los parámetros y la ecuación alométrica de la biomasa no se tuvieron en cuenta en la estimación del error por el método de Monte Carlo.

4.3 Factores de Emisión por Degradación

Se calculó la incertidumbre del cambio promedio en biomasa (perdida y ganancia), mediante Monte Carlo, (1000 iteraciones de estimación), utilizando el error medio cuadrático (RMS) de los modelos de cobertura de copa-biomasa ajustados para bosques latifoliados y coníferas (**Error! Reference source not found.10** y **Error! Reference source not found.11**), truncando la aleatorización al intervalo [0, valor AGB máximo]¹⁶. Como se aprecia en la cuadro 16, la incertidumbre de los factores de emisión neta por degradación es alta, especialmente para el bosque seco y el bosque de pino.

Cuadro 16 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	5.679	± 3.036	53%
Bosque seco degradado / recuperado	-0.886	± 5.085	574%
Bosque de pino degradado / recuperado	-1.146	± 8.570	748%

4.4 Factores de Remoción

El incremento anual promedio de la biomasa forestal se ha estimado en base al estudio de Mascaro et al. (2005) 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! Reference source not found.**), utilizando el incremento anual promedio de la biomasa promedio de las parcelas (3.41 t C / ha ± 1.02 SE). Este incremento anual de biomasa se consideró el factor de remoción anual para el bosque latifoliado (seco y húmedo) para el nivel de referencia de mejora de las reservas de carbono.

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)¹⁷. Tanto el factor de remoción como su incertidumbre se calcularon dividiendo el factor de emisión de

¹⁶ La memoria de calculo de este ejercicio puede accederse en el siguiente vinculo: https://www.dropbox.com/s/mtw2p2da68rz07i/EF_estimation_FREL_V2.xlsx?dl=0

¹⁷ 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

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 17 Resumen de los factores de remoción, incertidumbres y fuentes de información.

Parámetro	Valor	Error Estándar	Fuente
Tasa de Secuestro de carbono en Bosque Latifoliado (SR _{BL})	3.4 t C/año	1.02 t C/año	Mascaro et al. 2005
Tasa de Secuestro de carbono en Bosque de Pino (SR _P)	0.90 t C/año	0.10 t C/año	Calderón and Solís 2012 and coniferous emission factor from INF
Tasa de Secuestro de carbono en Cultivos permanentes arbolados >30% (SR _{PC})	2.57 t C/año	0.44 t C/año	Poveda et al. 2013

Cuadro 18 Estimaciones de los factores de emisión, errores de muestreo asociados y distribución subyacente.

Cobertura	Clima	n	Biomasa AGB+BGB (t m.s./ha)								Función de distribución de probabilidad		
			Promedio	D.E.	E.E.	Mín.	Máx.	Mediana	MAD	Error %	Función	Prob. p	
Bosque latifoliado intacto >70%	Húmedo	111	106.89	99.93	9.49	0.64	703.83	85.17	50.33	9%	Weibull 2	0.49	
Bosque latifoliado degradado 30-69%	Húmedo	111	84.22	58.94	5.59	2.16	312.91	75.52	32.71	7%	Beta 4	0.14	
Bosque seco Intacto >70%	Seco	16	92.6	45.62	11.4	34.94	167.08	90.54	41.94	12%	Gama 2	0.15	
Bosque seco degradado 30-69%	Seco	44	52.15	38.83	5.85	3.89	159.16	44.99	20.26	11%	Gama 2	0.06	
Bosque de pino intacto >70%	Modelo Nacional	3	63.23	22.88	21.64	12.49	9.22	47.83	11.59	2.37	55%		
Bosque de pino degradado 30-69%	Nacional	25	34.32	33.75	6.75	0.12	158.5	23.89	13.31	20%	Beta 4	0.24	
Cultivo permanente arbolado >30%	Nacional	35	45.51	54.67	9.24	0	212.02	22.47	16.29	20%	Exponencial	0.08	
Vegetación leñosa	Húmedo	273	30.39	46.53	2.82	0	459.64	16.26	13.27	9%	Exponencial	0.32	
Vegetación leñosa seca	Seco	118	19.56	21.17	1.95	0	95.38	10.82	7.31	10%	Exponencial	0.05	
Vegetación no leñosa	Nacional	396	11.41	33.25	1.67	0	319.75	3.37	3.25	15%	Weibull 2	0.64	

El valor p corresponde a la probabilidad estimada de rechazar la hipótesis nula (Ho: la distribución de los datos sigue una distribución determinada), que debe ser menor que $p = 0.05$.

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, para cada una de las categorías de vegetación involucradas en estas conversiones se ajustó la Función de distribución de probabilidad (PDF) (cuadro 19). 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 6

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. Es relevante tener en cuenta que la distribución final de los resultados de Monte Carlo para el NREF no es normal (**Error! Reference source not found.12**), por lo que se estiman los límites de confianza y el error para la media y la mediana. De acuerdo al análisis de Monte Carlo la incertidumbre global del NREF se estima en 1.41% ¹⁸. Este análisis considera un total de 34 variables (distribuciones), de las cuales 6 contribuyen con el 98% de la variabilidad de los resultados (cuadro 21) i. Densidad de carbono Bosque latifoliado degradado 30%-69% (49.41%); ii. Densidad de carbono Bosque latifoliado intacto >70% (25.45%); iii. Densidad de carbono Vegetación leñosa (13.15%); iv. Cambio promedio en la densidad de carbono en Bosque latifoliado (4.87%); v. Densidad de carbono Bosque seco degradado 30%-69% (3.53%); vi. Densidad de carbono Vegetación No leñosa (1.33%).

¹⁸ La memoria de calculo de la incertidumbre puede accederse en el siguiente vinculo: https://www.dropbox.com/s/iow1e96spdneqqv/Incertidumbre_NREF.xlsm?dl=0

Cuadro 19 Factores de Emisión y Función de distribución de probabilidad para tipo de cobertura.

Categoría	Densidad de carbono (t m s/ha)		Función de distribución de probabilidad (PDF)		Parámetros PDF
	Datos INF	Estimación PDF	Mean	Varianza	
CD_BL_70	Mean: 101.46	Varianza: 6779	Mean: 101.10	Varianza: 7675	Weibull 2 $\beta: 1.157, \gamma: 106.421$
CD_BL_30-69	Mean: 84.22	Varianza: 5105	Mean: 101.79	Varianza: 5998	Beta 4 $\alpha: 1.917, \beta: 13.55, c: -0.8, d: 6$
CD_Bls_70	Mean: 92.60	Varianza: 2081	Mean: 92.60	Varianza: 2215	Gamma 2 $k: 3.871, \beta: 23.919$
CD_Bls_30-69	Mean: 52.15	Varianza: 1508	Mean: 52.28	Varianza: 1512	Gamma 2 $k: 1.808, \beta: 28.915$
CD_P_70	Mean: 63.23				Normal $\mu = 63.23, \sigma: 7.08$
CD_P_30-69	Mean: 29.15	Varianza: 490	Mean: 31.61	Varianza: 488	Beta 4 $\alpha: 0.906, \beta: 1.098, c: -0.635, d:$
CD_PC_30	Mean: 45.51	Varianza: 2989	Mean: 45.51	Varianza: 0	Exponencial $\lambda: 0.022$
CD_WV	Mean: 26.04	Varianza: 799	Mean: 26.04	Varianza: 0.001	Exponencial $\lambda: 0.038$
CD_WVs	Mean: 14.18	Varianza: 200	Mean: 14.18	Varianza: 0.005	Exponencial $\lambda: 0.071$
CD_NWV	Mean: 1.697	Varianza: 9			Weibull 2 $\beta: 0.535, \gamma: 1$

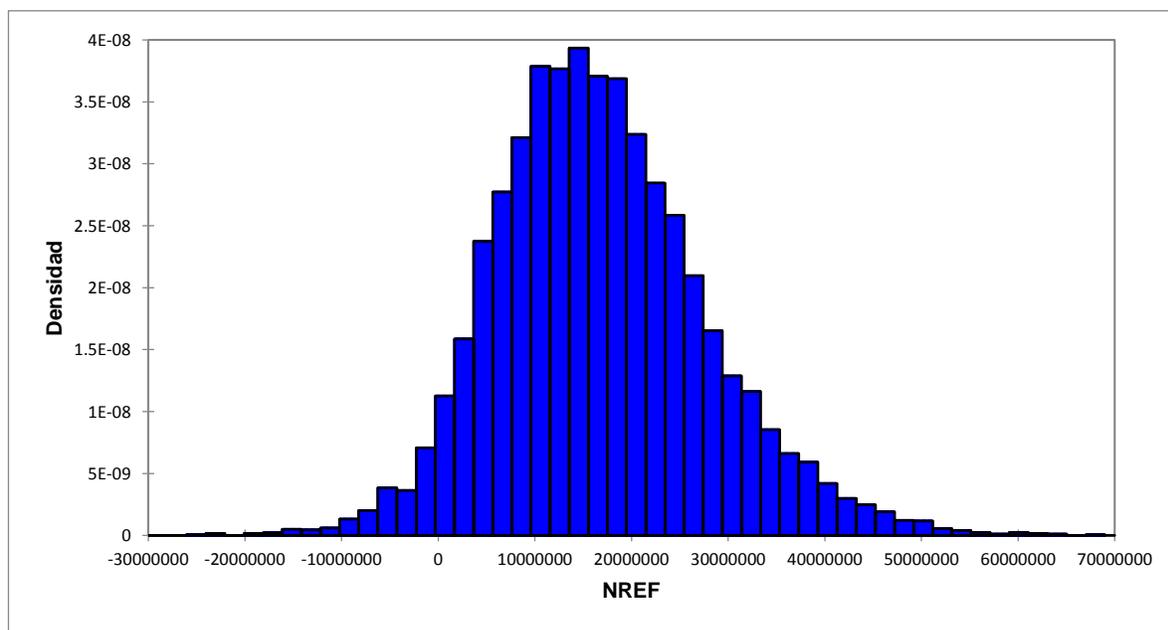
Cuadro 20 Valor medio e incertidumbre de la estimación de emisiones forestales netas totales para territorio continental de Nicaragua.

	Emisiones Netas (t CO ₂ e/año)	Desviación Estándar (t CO ₂ e/año)	Límite inferior 5% (t CO ₂ e/año)	Límite superior 95% (t CO ₂ e/año)	Error 90%
Mean	16,761,415	10,917,674	16,547,396	16,975,434	1.28%
Mediana	15,886,671		15,685,727	16,132,750	1.41%

Cuadro 21 Resultados del análisis de sensibilidad

Distribuciones		Correlación	Contribución (Absoluto)
CD_BL_30-69	Densidad de carbono Bosque latifoliado degradado (cobertura de dosel estable 30%-69%)	0.662	49.41%
CD_BL_70	Densidad de carbono Bosque latifoliado intacto (cobertura de dosel estable >70%)	0.475	25.45%
CD_WV	Densidad de carbono Vegetación leñosa	-0.341	13.15%
ASC_BL	Cambio promedio en la densidad de carbono en Bosque latifoliado	0.208	4.87%
CD_BLS_30-69	Densidad de carbono Bosque seco degradado (cobertura de dosel estable 30%-69%)	0.177	3.53%
CD_NWV	Densidad de carbono Vegetación No leñosa	-0.109	1.33%
Otras distribuciones			2.26%

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 22 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 ₂	CO ₂ (NH ₄ y N ₂ 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	Mascaro et al. 2005: 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 CO₂ 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.

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. <http://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. <http://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. <http://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

INAFOR. (2008). *MANUAL DE CAMPO INVENTARIO NACIONAL FORESTAL DE NICARAGUA 2007-2008*. Managua, Nicaragua.

Mascaro, J., Perfecto, I., Barros, O., Boucher, D. H., Vandermeer, J. H., & Ruiz, J. (2005). Aboveground Biomass Accumulation in a Tropical Wet Forest in Nicaragua Following a. *Biotropica*, 37(4), 600-608. <http://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00077.x>

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.

Programa ONU-REDD. (2015). *Sistemas de información de las salvaguardas de REDD+: consideraciones prácticas de diseño*. Serie de Recursos Técnicos (Vol. Edición Sa).

Tercer inventario nacional de Gases de Efecto invernadero. *Tercera Comunicación nacional*. MARENA 2018

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+. MARENA 2018

Banco Central de Nicaragua 2015. Cuenta Satélite de Turismo de Nicaragua 2014. Managua, Nicaragua. 6 p

Geist and Lambin (2002), Kanel (2004).