



NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES / NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL DE LA REPÚBLICA DOMINICANA

MODIFICADO

Para pago por resultados de REDD+ bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Santo Domingo República Dominicana

Julio de 2020

Nivel de Referencia de Emisiones Forestales / Nivel de Referencia Forestal de la República Dominicana. *Modificado*
Julio 2019

Editores: Lisandra Rodríguez Vicente¹, Kenia Amarilis Feliz Sánchez¹, Mary Clara Galán Hirujo¹, Ramón Ovidio², German Obando Vargas, MSc.³, Ben de Jong Toshiba³

¹Dirección de Cambio Climático, Viceministerio de Gestión Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana

² REDD+ República Dominicana

³ Banco Mundial

Autores:

Equipo Ministerio Medio Ambiente: Pedro García, Lisandra Rodríguez Vicente, Kenia Amarilis Feliz Sánchez, Mary Clara Galán Hirujo.

Equipo REDD+ RD: Ramón Ovidio.

Equipo Banco Mundial: Ben de Jong Toshiba y German Obando Vargas.

Contenido

Contenido.....	3
Índice de Figuras	4
Índice de Tablas	4
Índice de Ecuaciones.....	6
Siglas y Acrónimos	7
I. Introducción.....	8
1.1. Presentación Oficial del nivel de Referencia de Emisiones Forestales	8
1.2. Circunstancias Nacionales.....	8
1.3. Políticas y Programas Pertinentes	18
II. Construcción del Nivel de Referencia	20
2.1. Área de contabilidad	20
2.2. Período histórico de referencia.....	20
2.3. Actividades REDD+ incluidas	20
2.4. Definición de bosque.....	21
2.5. Depósitos de carbono y gases de efecto invernadero seleccionados.....	22
2.6. Datos de Actividad	24
2.7. Factores de emisión y remoción	36
III. Cálculo de las emisiones históricas anuales promedio durante el período de referencia.	46
3.1. Emisiones por deforestación.....	46
3.2. Aumento de existencias de carbono forestal en tierras convertidas en tierras forestales ..	49
3.3. Emisiones por degradación forestal y aumento de existencias de carbono forestal en bosques que permanecen como bosques.	50
3.4. Nivel de Referencia de Emisiones Forestales.....	52
IV. Análisis de incertidumbre.	53
4.1. Datos de Actividad.....	53
4.2. Factores de Emisión por Deforestación.	54
4.3. Factores de emisión y remoción por Degradación.	56
4.4. Factores de Remoción.....	56
4.5. Cuantificación de la incertidumbre del Nivel de Referencia.....	57
V. Consistencia con el INGEI	64
VI. Mejoría gradual de NREF/NRF	66
Referencias.....	67

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa Geográfico Administrativo de la República Dominicana	9
Figura 2. Otros usos y coberturas del suelo.....	11
Figura 3 Mapa de Uso y Cobertura Vegetal de la República Dominicana	12
Figura 4: Flujo de trabajo para la estimación de datos de actividad y su correspondiente incertidumbre	27
Figura 5: Mapa de cambio de uso y cobertura de la tierra 2005-2015 de República Dominicana.	28
Figura 6: Ubicación de las parcelas del Inventario nacional de República Dominicana. En forma separada se indica el subconjunto de parcelas utilizadas en la evaluación visual de cobertura de copas para la estimación de la relación biomasa-densidad de copas, utilizada en la estimación de las emisiones y remociones por degradación forestal.....	41
Figura 7: Parcela principal y parcelas anidadas para la determinación de la densidad de carbono para cada componente reconocido como sumidero en el Inventario nacional forestal (NFI) y en la Evaluación del contenido de biomasa y carbono en sistemas de no bosque en la República Dominicana (ISNB).	42
Figura 8: Flujo de trabajo para la estimación de densidad de carbono y su correspondiente incertidumbre para cada una de las diferentes categorías de uso.....	44
Figura 9: Modelo de regresión de biomasa AGB en función de la cobertura del dosel, para bosque latifoliado, bosque seco y bosques de pino. Se relaciona la biomasa promedio estimada para 3 categorías de cobertura de dosel (baja 3-5 puntos sobre copas, media 6-7 puntos sobre copas y alta 8-9 puntos sobre copas) con el punto medio de la categoría en porcentaje.	45
Figura 10: Consistencia en la evaluación del cambio de uso del suelo entre intérpretes. Fuente: Datos de Referencia.	54
Figura 11: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Montecarlo para la estimación de la incertidumbre de la estimación de emisiones por deforestación.	58
Figura 12: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de la incertidumbre del Nivel de Referencia de remociones forestales en tierras convertidas en tierras forestales	60
Figura 13: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de las emisiones por degradación forestal.	62
Figura 14: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de la incertidumbre del aumento de existencias de carbono forestal en tierras que permanecen como bosques.	62
Figura 15: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de la incertidumbre del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales	63

Índice de Tablas

Tabla 1: Las asociaciones de suelo de la República Dominicana y sus respectivas clases de IPCC (Batjes, 2009)	10
Tabla 2 Superficie por tipo de bosque en la República Dominicana.	12
Tabla 3 Humedales naturales y artificiales, año 2014.	14

Tabla 4 Sistema Nacional de Áreas Protegidas de la República Dominicana por Categoría y Subcategoría de Manejo	14
Tabla 5: Depósitos de carbono incluidos en el NREF/NRF de República Dominicana	22
Tabla 6: Gases de efecto invernadero incluidos en el NREF/NRF de República Dominicana.	23
Tabla 7: Categorías de uso consideradas en la clasificación de uso y cobertura de la tierra.	29
Tabla 8: Matriz de cambio de uso del suelo utilizada para calcular el Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de la República Dominicana.	31
Tabla 9: Categorías de cambio consideradas para el cálculo del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de República Dominicana	32
Tabla 10: Matriz de cambio de uso para el periodo 2006-2015 obtenido a partir de los mapas de uso y cobertura (Área en Hectáreas)	33
Tabla 11: Matriz de cambio de uso para el periodo 2006-2015 obtenido a partir de los datos de referencia	33
Tabla 12: Área de cambio de uso y cobertura de la tierra para el periodo 2006-2015 en República Dominicana	34
Tabla 13: Factores de emisión de Biomasa aérea y subterránea, materia muerta y hojarasca.	38
Tabla 14: Factores de emisión de COS, Tier 1; A) factores de cambio por entradas al sistema F_i , por cambio de uso de suelo F_{LU} y por régimen de manejo F_{MG} ; B) COS de referencia por tipo de bosque; C) pérdida total de COS por tipo de cambio y tipo de bosque, incluyendo la incertidumbre de cada variable (ver también capítulo IV).....	38
Tabla 15: Factor de remoción para bosque secundario y cultivos arbolados	39
Tabla 16: Factores de cambio de biomasa debido a la degradación y mejora del dosel forestal.	40
Tabla 17: Unidad de muestreo y variables evaluadas para cada uno de los reservorios de carbono, utilizadas en el inventario forestal nacional y la evaluación de contenido de biomasa en sistemas no bosque.....	42
Tabla 18: Modelos alométricos utilizados para la estimación de la Biomasa arriba del suelo de los componentes registrados el en Inventario nacional forestal (NFI) e (ISNB).....	43
Tabla 19: Emisiones anuales Promedio por deforestación.....	47
Tabla 20: Emisiones anuales debido a deforestación para el reservorio de Biomasa.....	47
Tabla 21: Emisiones anuales debido a deforestación para el reservorio de Carbono orgánico en suelo. .	48
Tabla 22: Estimación del aumento de existencias de carbono forestal.....	49
Tabla 23: Emisiones por degradación forestal y aumento de las existencias de carbono forestal en tierras que permanecen como bosque	51
Tabla 24: Nivel de referencia de emisiones forestales de República Dominicana.	52
Tabla 25: Resolución espacial y temporal de las imágenes utilizadas en la determinación del uso del suelo y la densidad de copas.	54
Tabla 26: Parámetros de los modelos de estimación de la biomasa aérea en función de la cobertura del dosel ajustados para los principales tipos de bosque de República Dominicana.....	56
Tabla 27: Emisiones anuales por deforestación y su respectiva incertidumbre.....	57
Tabla 28: Área de regeneración y error de la estimación.....	58
Tabla 29: Factores de remoción y error estándar asociado	59
Tabla 30: Remociones anuales por acumulación de carbono y su respectiva incertidumbre, en tierras convertidas en tierras forestales.	59

Tabla 31: Área de cambio en cobertura de copas y su respectiva incertidumbre, en tierras que permanecen como bosque.....	60
Tabla 32: Emisiones y remociones anuales por degradación y recuperación de cobertura de dosel, y su respectiva incertidumbre, en tierras que permanecen como bosque.	61
Tabla 33: Nivel de Referencia de Emisiones Forestales con su respectiva incertidumbre.....	63
Tabla 34: Resultados del análisis de sensibilidad.....	64

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Áreas de Cambio de Cobertura de Copas.....	26
Ecuación 2: Parcelas de Evaluación Visual de Cobertura en Tierras.....	26
Ecuación 3: Error Estándar del Área Estimada.....	26
Ecuación 4: Intervalo de Confianza.....	27
Ecuación 5:.....	27
Ecuación 6: $AGB = 0.0673 * GE * dap^2 * Ht^{0.976}$ (Chave, y otros, 2014).....	43
Ecuación 7: $lnAGB = -9.37673 + 2.30119ln dap + 0.30297ln (Ht)$ (Arreaga, 2002).....	43
Ecuación 8: $lnAGB = 1.17 + 2.119 * ln (dap)$ (Brown, 1996) (Márquez, 2000).....	43
Ecuación 9:.....	43
Ecuación 10.....	43
Ecuación 11.....	44
Ecuación 12.....	44
Ecuación 13. Cambios en las Existencias de Carbono en un Depósito dado según la Diferencia Anual Promedio entre Estimaciones en Dos Momentos Diferentes (Método de Diferencia de Existencias).....	46
Ecuación 14. Cambios en las Existencias Anuales de Carbono de un Depósito Dado en Función de las Pérdidas y las Ganancias (Método de Pérdidas y Ganancias).....	46
Ecuación 15. Factores de Emisión de Deforestación.....	47
Ecuación 16. Emisiones anuales de CO ₂ -e por Deforestación.....	47
Ecuación 17. Remociones Anuales de CO ₂ -e derivadas del Crecimiento Secundario.....	49
Ecuación 18. Emisiones y remociones anuales de CO ₂ -e derivadas de la degradación o mejora del carbono en tierras forestales permanentes.....	50
Ecuación 19. Combinación de Incertidumbres – Método 1 - Multiplicaciones.....	55
Ecuación 20. Combinación de Incertidumbres – Método 1 – Suma y Resta.....	55
Ecuación 21 Emisiones por degradación forestal en bosques naturales y cultivos arbolados.....	61
Ecuación 22 Remociones por mejora de carbono forestal en bosques naturales y cultivos arbolados.....	61
Ecuación 23. Combinación de las incertidumbres.....	63

Siglas y Acrónimos

AFOLU	Agricultura, forestería y usos de la tierra
AGB	Biomasa aérea
BGB	Biomasa subterránea
CH ₄	Metano
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CO ₂	Dióxido de Carbono
CP	Conferencia de las Partes
CUT	Clase de uso de la tierra
DA	Datos de actividad
ER-PIN	Programa de Reducción de Emisiones
FE	Factor de Emisión
FR	Factor de Remoción
Gg	Gigagramos
GEE	Google Earth Engine
GFOI	Global Forest Observations Initiative
Go RD	Gobierno de la República Dominicana
INF	Inventario Nacional Forestal
INGEI	Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero
IPCC	Panel intergubernamental sobre el cambio climático
ISNB	Evaluación del contenido de biomasa y carbono en sistemas de no bosque en la República Dominicana
MAE	Muestreo Aleatorio Estratificado
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
N ₂ O	Óxido Nitroso
NREF	Niveles de referencia de emisiones forestales
RE	Reducción de emisiones
REDD	Reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal
SINAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas

I. Introducción

1.1. Presentación Oficial del nivel de Referencia de Emisiones Forestales

En respuesta a la invitación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), el Gobierno de la República Dominicana (Go RD), a través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), presenta de manera voluntaria, una propuesta de Nivel Nacional de Referencia de las Emisiones/Nivel de Referencia Forestales (NREF/NRF), de acuerdo con la decisión 1/CP.16, párrafo 71(b). El Gobierno de la República Dominicana adoptó las medidas mencionadas en el párrafo 70 de la misma decisión (CMNUCC, 2011) y somete el NREF/NRF con el fin de ser revisado técnicamente, de acuerdo con los lineamientos y procedimientos adoptados en la decisión 13/CP.19 (CMNUCC, 2014), que estipula que el NREF puede ser evaluado técnicamente en el contexto de pagos basados en la reducción de emisiones por deforestación, degradación y mejora de los contenidos de carbono. El reporte incluye estimaciones de emisiones por deforestación, degradación y remociones de carbono por regeneración y reforestación. El NREF/NRF se presenta a nivel nacional, con excepción de algunas islas.

El NREF/NRF fue preparado siguiendo los lineamientos sobre NREF/NRF, señalados en el anexo de la decisión 12/CP.17 (CMNUCC, 2012) y sirve como base para mejorar las estimaciones de emisiones y remociones en el próximo Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI). La información presentada en este informe fue generada acorde con las más recientes orientaciones y lineamientos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), e incluye:

- a) La información utilizada para elaborar el NREF/NRF;
- b) La información se presenta en forma transparente, completa, coherente y exacta, incluida la información sobre la metodología que se utilizó para elaborar el NREF;
- c) Los reservorios, gases y las actividades enumeradas en el párrafo 70 de la decisión 1/CP.16, incluidos en el NREF/NRF;
- d) La definición de bosque utilizada al elaborar el NREF/NRF.

1.2. Circunstancias Nacionales

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, como punto focal REDD+ de la República Dominicana ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), ha centrado todos los esfuerzos para producir el Nivel de Referencia de Emisiones Forestales/Nivel de Referencia Forestal (NREF/NRF) de todo el territorio dominicano, ya que el país dispone de una alta diversidad de bosques, que a la vez estos están afectados por la intervención humana.

La República Dominicana cuenta con una cobertura forestal representada por bosque de pino, bosque latifoliado, bosque seco, manglares y bosque de humedales dulces. Las causas que están asociadas a actividades antropogénicas y que han provocado la pérdida, descomposición o disección de los bosques, como es la tala de maderas preciosas, el asentamiento de sembradíos de caña de azúcar, arroz, café, cacao y otros rubros en fuertes pendientes y zonas montañosas, obtención de carbón, áreas de esparcimiento urbano, construcciones viales, y complejos turísticos. Debido a estos factores, se han disminuido radicalmente las poblaciones de cientos de especies, colocándose varias de ellas en condiciones de peligro

m). El segundo macizo en importancia es la Cordillera Septentrional, cuya mayor elevación es el Pico Diego de Ocampo con una elevación de 1,229.00 metros. Otros sistemas de montañas en el país son la Sierra de Bahoruco, continuación desde Haití del Massif de la Selle, el cual alcanza una altura de 2,367.00 m en la República Dominicana, además de la Cordillera Oriental, cuyas alturas no sobrepasan los 800.00 metros.

La morfología de la República Dominicana muestra depresiones y alturas, donde los rangos están desde (-) 40 metros bajo el nivel del mar (m b. n. m.), en la Hoya de Enriquillo, hasta (+) 3,187.00 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.), en la Cordillera Central.

Desde el punto de vista geodinámico, la Isla La Hispaniola está ubicada en la parte septentrional de la Placa del Caribe y simultáneamente con Puerto Rico, forman una microplaca inicial (Servicio Geológico Nacional de la República Dominicana, 2010). La Isla comprende varios dominios separados por fallas de desgarre que se formaron en un contexto interoceánico y de arco-isla. Su fisiografía aparece dominada por valles y alineaciones montañosas de dirección Noroeste-Sureste, denominadas de norte a sur: Cordillera Central, Cordillera Septentrional, Cordillera Oriental, Sierra de Samaná, Sierra de Neiba, Sierra de Bahoruco y Sierra Martín García. Estas cuatro (4) elevaciones se encuentran separadas por tres (3) grandes valles: Cibao, San Juan y Enriquillo. Además, cuenta con 1.500 km de litoral o llano costero. Entre los llanos costeros o litorales más destacados están los llanos costeros del Atlántico, Sabana de la Mar y Miches, el llano costero Sur-Oriental o del Caribe y la Plena de Azua.

En la República Dominicana predominan dos asociaciones de suelos: 1) suelos de tipo calcáreo (33.3%; IPCC: HAC) y 2) suelos escabrosos de montaña (33.3%; IPCC: LAC). Asociaciones importantes conforman también los suelos de origen volcánico, ígneo y metamórfico (12%; IPCC: VOL) suelos de sabanas (9.3%; IPCC: SAN) y suelos aluviales recientes (5.5%; IPCC: HAC). Las restantes asociaciones representan menos de 5% de superficie cada una (Tabla 1). Las asociaciones de suelos de Ciénagas (cubiertos por manglares) son importantes en cuanto a su alto contenido de COS y hojarasca (turba).

Tabla 1: Las asociaciones de suelo de la República Dominicana y sus respectivas clases de IPCC (Batjes, 2009)

Asociación	Clase IPCC (Batjes 2009)	Has	% IPCC
Ciénagas	ORG	58,155	1.5%
Playa Costera y Dunas	SAN	14,066	9.6%
Suelos Aluviales Recientes	HAC	265,544	43.6%
Suelos Arcillosos no calcáreos	HAC	124,956	
Suelos de Origen Calcáreo	HAC	1,559,205	
Suelos de Origen Ígneo, Volcánico y Metamórfico	VOL	574,518	12.0%
Suelos de Sabana	SAN	449,091	
Suelos Orgánicos	ORG	15,320	

Terrenos Cársicos	HAC	145,842	
Terrenos Escabrosos de Montaña	LAC	1,599,240	33.3%
Total general		4,805,937	100.0%

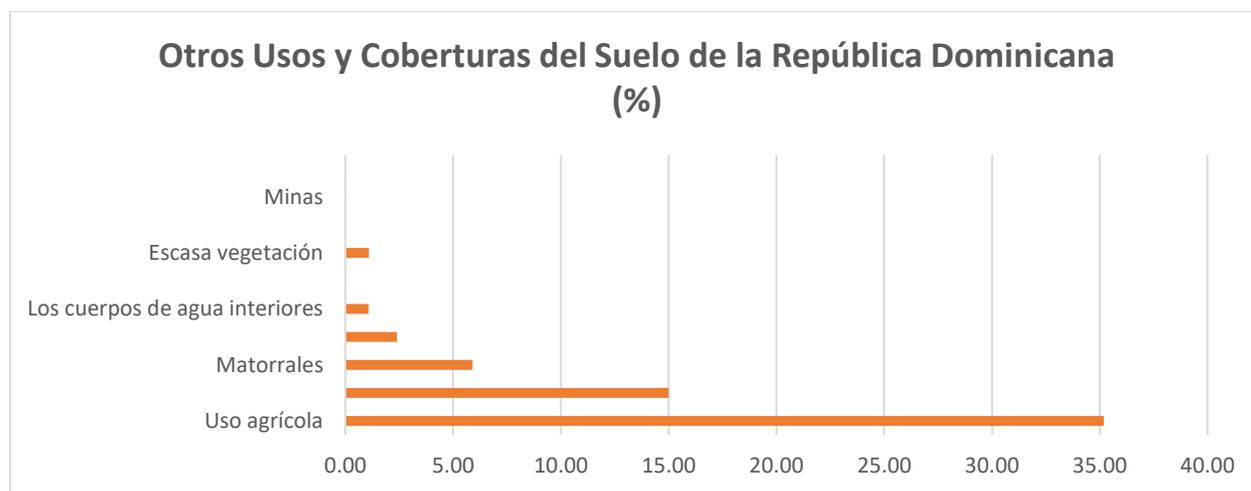
La Isla La Hispaniola, ocupada por la República Dominicana y la República de Haití, presenta un alto índice de endemismo y alta diversidad florística, debido a su condición de isla por el aislamiento de las áreas y por su complejidad fisiográfica. La vegetación es muy variada: bosque seco espinoso hasta el bosque nublado, pasando por: bosques tropicales, bosques xeromorfos sobre estrato de rocas ultramáficas, humedales, bosques latifoliados húmedos, pinares, entre otros (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012).

1.2.1.1. *Uso y cobertura del suelo*

En la República Dominicana se tienen definidos 7 ecosistemas forestales, del total de la superficie territorial del país, correspondiente a 4, 815,694.42 hectáreas (ha), el área clasificada como forestal es de 2, 103,645.32 ha (43.6%).

Los usos y coberturas del suelo corresponden a datos del 2012, los más importantes son el uso agrícola con el 35.20% del territorio nacional y el uso pecuario con un 15.00%, para un total de 50.20% de uso agropecuario. Otros usos y coberturas son: uso agrícola, uso pecuario, matorrales, uso urbano. Los cuerpos de agua interiores con lagos y lagunas, cauces de ríos y presas, vegetación de humedales, escasa vegetación, sabana de altura, minas, arena (playas y arena) (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017(a)).

Figura 2. *Otros usos y coberturas del suelo*



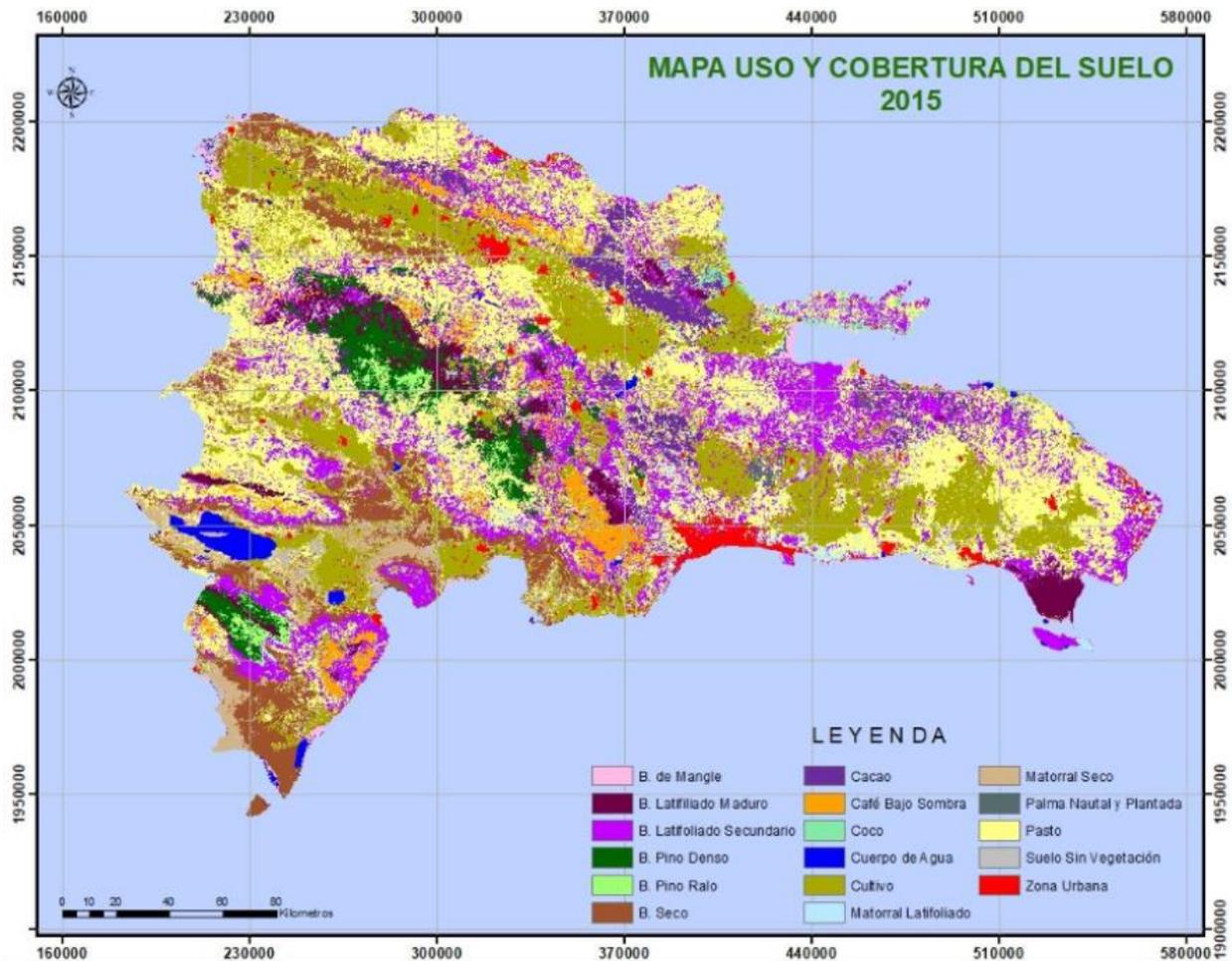
Fuente: Creación propia con datos obtenidos en (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017(a))

1.2.1.2. Ecosistemas

Bosques

Los tipos de bosques de mayor participación en cuanto a la superficie de los bosques de República Dominicana son: el Bosque Latifoliado Húmedo (37.75%) y el Bosque Seco (24.05%), que en conjunto representan el 61.80% de la superficie boscosa del país; la tercera superficie en importancia corresponde al uso Bosque Latifoliado Semi húmedo, con un 15.39% de participación (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

Figura 3 Mapa de Uso y Cobertura Vegetal de la República Dominicana



Fuente: (Ovalles, 2018)

En relación con la superficie total del país y según las especies presentes, la mayor participación la tienen los bosques latifoliados: el 26.30% del territorio nacional. Le siguen, en orden descendente, el bosque seco (10.50%); los bosques de conífera (6.30%); y, por último, el bosque de mangle y drago (0.60%). Ver detalles en la tabla 2.

Tabla 2 Superficie por tipo de bosque en la República Dominicana.

Tipo de bosque	Hectáreas	% cobertura forestal	% país
Bosque seco	505,929.97	24.05%	24.05%

Bosque conífero denso	202,284.11	9.62%	14.40%
Bosque conífero disperso	100,626.74	4.78%	14.40%
Bosque latifoliado semihúmedo	323,669.76	15.39%	60.14%
Bosque latifoliado húmedo	794,040.57	37.75%	60.14%
Bosque latifoliado nublado	147,501.97	7.01%	60.14%
Bosque de mangle y drago	29,592.20	1.41%	1.41%
Total bosques	2,103,645.32	100.01%	43.68%
Total país	4,815,694.42		

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018)

Ecosistemas costeros y marinos

El perfil costero de la República Dominicana se define por ser irregular, de escarpados arrecifes y tierras pantanosas que forman distintos paisajes. Sus ecosistemas acogen una gran diversidad de especies marinas. De las 31 provincias del país, 17 son costeras, incluyendo el Distrito Nacional.

A continuación, una relación de los sistemas costeros y marinos con datos aproximados, según el Portal de Datos Abiertos Gob RD publicado en el año 2016 y el Atlas de Ministerio de Medio Ambiente del 2012.

- Dunas costeras: aproximadamente 25 localidades
- Manglares: aproximadamente 55 unidades de áreas
- Lagunas costeras: 141 unidades
- Estuarios: 49 unidades
- Zonas arrecifales: 181 zonas
- Costa Rocosa: 41 localidades
- Playas de arena: 226 localidades
- Áreas protegidas marinas: 28 unidades

Aguas interiores

La red Hidrográfica actual de la República Dominicana está definida según la geomorfología que presenta el país. A continuación, listado de los cuerpos de agua y superficie en el año 2012 (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017(a)):

- Lagos y lagunas con 421.44 km²
- Cauces de ríos: 13.17 km²
- Presas: 87.86 km²

De acuerdo con la Página WEB del Ministerio de Medio Ambiente, “en el país existen 30 grandes cuencas, 17 cuencas costeras y 18 subcuencas principales. Las cuencas y subcuencas identificadas como prioritarias son las formadas por los ríos: Yaque del Norte, Yaque del Sur, Yuna, Nizao, Camú, Ozama, Isabela, Las Cuevas, Artibonito, Higuamo, Maguaca, Chacuey, Macasía, Guayubín, Nizaito y Nigua, que comprende una población superior a los 5 millones de habitantes, y posee un total de 14 presas, (6 son hidroeléctricas) y 88 acueductos. Además, cabe resaltar que en su territorio se encuentran 50 áreas protegidas que incluyen parques nacionales, reservas científicas, áreas nacionales de recreo, cinturón verde, refugios de vida silvestre, reservas”.

El país cuenta con 17 zonas productoras de agua, ubicadas en los principales sistemas montañosos, donde la Cordillera Central es el punto de congregación de la mayor cantidad de estas aguas y en donde nacen

aproximadamente de 709 cauces de ríos y arroyos. En la Cordillera Septentrional existen 243 cauces de ríos y arroyos y en la Cordillera Oriental 193. Otras zonas productoras de agua son las sierras de Neiba y Bahoruco (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012).

El caso más característico en la República Dominicana lo representa el Lago Enriquillo. Este es el lago más grande de las Antillas, con un alto grado de salinidad y una altitud que oscila desde 50 metros bajo el nivel del mar hasta 0 metros, además de poseer una superficie variable, reportando el Ministerio de Medio Ambiente 20,000 hectáreas para el año 2014.

Humedales

La importancia de los humedales está en proteger el recurso agua, abarcando lagunas, ríos, estanques, aguas subsuelos, embalses y otros espacios; preservar una gran cantidad de flora y fauna acuática, terrestre y de aves que proveen alimentación. Además, producen recursos, medicinales, ornamentales, entre otros; pero, el almacenamiento de carbono de sus suelos es uno de los principales servicios ambientales que dichos ecosistemas proporcionan.

Tabla 3 Humedales naturales y artificiales, año 2014.

Naturales	Sitios/unidades	Superficie ocupada km ²
Humedales (estuarios y lagunas costeras)	190	1,517.70
Lagos y lagunas	751	668.34
Mangles	55	274.00
Humedales de agua dulce (drago)	3	32.60
Artificiales	Sitios/unidades	Superficie ocupada km ²
Zona arrocera		1,366.00
Embalses de presa	35	111.00

Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017(a))

1.2.2. Sistema Nacional de Áreas Protegidas

La República Dominicana dispone de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) compuesto por 128 unidades de preservación, clasificadas en seis (6) categorías y trece (13) subcategorías de manejo. El conjunto de 128 unidades establecidas abarca una superficie terrestre de 12,085.04 km², equivalentes al 25.07% del territorio nacional. El Sistema incluye además una superficie marina de 45,904.39 km². Un 75.00% pertenece a protección costera del país (incluyendo las islas adyacentes), con un área total de 58,351.50 km². A continuación, el listado de éstas:

Tabla 4 Sistema Nacional de Áreas Protegidas de la República Dominicana por Categoría y Subcategoría de Manejo

CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS	CANTIDAD DE ÁREAS PROTEGIDAS	SUPERFICIE TERRESTRE (KM ²)	ÁREA MARINA (KM ²)	ÁREA TOTAL (KM ²)
Áreas de protección estricta	12	416.35	32,900.46	33,316.81
Reserva científica	8	216.28	-	216.28
Santuario Mamíferos marinos	2	11.88	32,900.46	32,912.34
Reserva Biológica	2	178.19	-	178.19

Parques nacionales	31	8,963.40	1,812.05	10,775.45
Parque Nacional	29	8,962.07	1,555.78	10,517.85
Parque Nacional Submarino	2	1.33	256.27	257.60
Monumentos Naturales	31	663.58	23.70	687.28
Monumento Natural	29	629.39	23.70	653.10
Refugio de Vida Silvestre	2	34.19	-	34.19
Áreas de manejo de hábitat/especies	22	338.71	11,118.72	11457.43
Refugios de Vida Silvestre	19	332.68	307.51	640.19
Santuarios Marinos	3	6.03	10,811.71	10,817.74
Reservas Naturales	15	1649.61	-	1649.61
Reserva Forestal	15	1653.56	-	1653.56
Paisajes Protegidos	17	416.07	48.96	465.03
Vía Panorámica	10	288.09	12.38	300.47
Área Nacional de Recreo	4	108.41	36.58	144.99
Corredor Ecológico	3	19.56	-	19.56
Total de Unidades de Conservación	128	12,447.71	45,903.89	58,351.60

Fuente: (Dirección de Información Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2016)

Los instrumentos legales que definen el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de la República Dominicana son: Ley Sectorial de Áreas Protegidas No. 202-04, Ley No. 121-04, Ley No. 174-09, Ley 313-14, Ley 519-14; los Decretos No. 571-09, No. 249-11, No. 371-11, No. 654-11, No. 40-15, No. 90-16 y No. 266-16; amparados por la Ley General de Medio Ambiente y Recursos Naturales No. 64-00.

Al año 2018, el país cuenta con cuatro (4) humedales de importancia internacional o sitios Ramsar: El lago Enriquillo, Refugio de Vida Silvestre Laguna Cabral o Rincón, Parque Nacional Manglares del Bajo Yuna y Humedales del Jaragua.

1.2.3. Importancia de los recursos naturales y forestales en el desarrollo del país

La vida humana depende de la tierra tanto como del océano para su sustento y subsistencia. La flora provee el 80% de la alimentación humana y la agricultura representa un recurso económico y un medio de desarrollo importante. A su vez, los bosques cubren el 30% de la superficie terrestre, proveen hábitats cruciales a millones de especies y son fuente importante de aire limpio y agua. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015)

La conservación de los ecosistemas forestales genera un doble impacto, ya que evita emisiones de CO₂ y aumenta nuestra resiliencia a los efectos adversos del cambio climático al protegernos de eventos naturales extremos, regular el ciclo hidrológico, evitar la desertificación, garantizar la seguridad alimentaria y proveernos de diversos servicios ecosistémicos y medios de vida (Peiró, 2017). Los recursos

forestales comprenden una gran complejidad y biodiversidad y no pueden ser sencillamente sustituidos por plantaciones de una sola especie. En adición a la presente generación, el medio ambiente es también acervo de las futuras generaciones. La conservación del recurso suelo es de suma importancia para el país para mantener la productividad del mismo, regular el ciclo hidrológico y evitar el asolvamiento de las presas hidro-eléctricas.

La variedad florística de la República Dominicana cuenta con un total de 9,177 especies según a los últimos registros de las especies de plantas vasculares y no vasculares, con un total de 2,050 especies endémicas, lo que constituye un (34.1%) para el país. Con relación a la cantidad de especies de acuerdo con los grupos más representativos, se tiene que las Angiospermas (plantas vasculares) tienen 5, 232, las Gymnospermas (Coníferas y Cycadales-Zamiaceae) están representadas por 7 especies y las Pteridofitas (los helechos y aliadas) tiene unas 761 con 5 especies endémicas. En cuanto a los Musgos (Briofitas) se registran unas 505 especies. Las Talofitas (algas, hongos y líquenes), las algas, básicamente algas marinas bentónicas, se han inventariado unas 325, los hongos poseen un total de 1,940 especies y los líquenes (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

1.2.4. Motores y causas de deforestación y degradación forestal

La deforestación del país ha sido influenciada por la aplicación de políticas de desarrollo rural inadecuadas, como es la expansión de la frontera agrícola y diversos incentivos perversos que inducen el cambio de uso de suelo.

De acuerdo con la nota de Idea del proyecto para el Programa de Reducción de Emisiones (ER-PIN) presentado el año 2013, la República Dominicana expone seis causas de deforestación directa:

1. Agricultura de tumba y quema y ganadería extensiva
2. Manejo Forestal Inadecuado
3. Extracción de madera y productos forestales no madereros
4. Incendios Forestales
5. Expansión urbana y de áreas turísticas no planificadas
6. Pestes y Enfermedades Forestales. (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018)

En términos de análisis cuantitativo, la principal causa de la deforestación es la conversión de bosques secundarios a pastizales, este tipo de dinámica conllevó la pérdida de aproximadamente 148,000 ha de bosque en 10 años (de 2005 a 2015). Seguidamente está la conversión de los bosques secundarios al matorral latifoliado (etapa transitoria de una agricultura migratoria) por el orden de 32,000 hectáreas y la tercera mayor transición de bosque latifoliado secundario es la agricultura con 18,000 ha aproximadamente. Adicionalmente, hay una alta pérdida de bosque seco a pastos por el orden de 38,000 ha en 10 años.

De acuerdo con el documento Análisis de las causas directas e indirectas de la deforestación y degradación de los bosques en la República Dominicana, las principales causas directas de la deforestación que fueron identificadas mediante procesos participativos a nivel nacional son:

- Ganadería comercial
- Tala ilegal de bosque natural
- Agricultura comercial
- Agricultura migratoria/subsistencia

- Minería a cielo abierto
- Incendios de alta intensidad
- Infraestructura
- Extracción de madera leña/carbón
- Desastres naturales
- Insumos energéticos (Biomasa)

Por otro lado, las causas directas de la degradación de bosques son las siguientes:

- Pastoreo de ganado en bosques
- Extracción de madera leña/carbón
- Planes de manejo mal gestionados/mal ejecutados
- Incendios de mediana y baja intensidad
- Introducción de especies exóticas/invasoras
- Desastres naturales
- Tala ilegal de bosque natural
- Extracción productos forestales madereros
- Plagas y enfermedades forestales
- Otras causas misceláneas
- Minería a cielo abierto
- Infraestructura

En el siguiente listado también se exponen las principales causas indirectas de la deforestación y degradación de los bosques:

- Ausencia de incentivos forestales
- Baja valoración económica de bosques
- Crecimiento poblacional
- Debilidad en la institucionalidad forestal
- Debilidad en las políticas públicas
- Desastres naturales
- Dinámica migratoria
- Falta de educación ambiental
- Incumplimiento legislación vigente
- Informalidad mercado leña/carbón
- Insumos energéticos (biomasa)
- Otras causas misceláneas
- Pobreza-desempleo
- Tenencia de la tierra
- Turismo

(Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018)

1.3. Políticas y Programas Pertinentes

1.3.1. Implementación de planes, programas y proyectos para detener la deforestación y degradación

En total coherencia con los compromisos asumidos a nivel internacional en pro de la protección, conservación y preservación del medio ambiente y sus recursos naturales, entre los principales compromisos asumidos por el país mencionamos:

- 1992: Ingresa al Convenio de Diversidad Biológica – CDB, el Congreso Nacional lo aprueba en 1996.
- 1997: Firma la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD)
- 2015: Compromiso de reducir el 25% de las emisiones del año base para el 2030, de acuerdo con la presentación de la Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional INDC-RD.
- Junio 2016: Presenta Carta de Intención para la Compra de Reducción de Emisiones Potenciales ante el Fondo Cooperativo de los Bosque (FCPF)
- 17 de noviembre 2017: Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (TCNCC), donde se incluye un reporte actualizado de la cantidad de emisiones de gases que contribuyen al cambio climático (gases de efecto invernadero). (Ministerio de Medio Ambiente, 2018a)

La República Dominicana dispone de planes y metas definidos sobre el Cambio Climático. La Estrategia Nacional de Desarrollo (END) 2010-2030 establece en su Artículo 10 el Cuarto Eje Estratégico “que procura una Sociedad de Producción y Consumo Ambientalmente Sostenible, Adaptada al Cambio Climático”. Para darle seguimiento a esta estrategia se han creado unidades de Cambio Climático dentro de la estructura orgánica de varios ministerios, entre los cuales se pueden mencionar: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, y otros ministerios, aunque no lo tengan en su estructura orgánica realizan actividades relacionadas con la mitigación y adaptación al cambio climático.

Los principales planes, programas y proyectos implementados para detener la deforestación y degradación de bosques son:

1.3.2. Plan Nacional Quisqueya Verde

Es un proyecto de inversión social ejecutado por el Ministerio Ambiente, orientado a mitigar la pobreza extrema, a través de acciones de reforestación y recuperación de áreas verdes naturales. Fue creado mediante Decreto del Poder Ejecutivo No. 138-97 del 21 de marzo 1997; como iniciativa del gobierno dominicano, para contrarrestar el acelerado proceso de deterioro de los recursos naturales y los altos índices de pobreza de las familias que habitan en las zonas rurales de la República Dominicana.

Quisqueya Verde, es el primer Plan Gubernamental de Reforestación masiva de alcance nacional, ejecutado a través de la Presidencia de la República. El mismo se formula a la luz del convencimiento de que el deterioro de los recursos naturales tiene sus raíces en los problemas socioeconómicos que afectan a las poblaciones que inciden directamente en los recursos naturales, acompañado por la falta de conocimiento sobre el manejo sostenible de los mismos.

Los componentes del Plan son los siguientes:

- Forestería Social (Reforestación con participación comunitaria).
- Creación de bosques de uso múltiple.
- Recuperación de áreas naturales nacionales y municipales.
- Educación Ambiental (Jornadas, Familia Verde, Días de Campo).
- Mejoramiento de viviendas e infraestructuras de servicios comunitarios. (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales)

1.3.3. Programa Fondo de Desarrollo Verde para la Región SICA/REDD+Landscape

En el 2010 inició el programa REDD/CCAD/GIZ, ejecutado por la GIZ conjuntamente con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, tiene como objetivo trabajar la restauración de paisajes y ecosistemas en la cuenca del Rio Los Baos en Vallejuelo, provincia San Juan, por su alta degradación y por ser tributaria de la Presa de las Dos Bocas, que alimenta un importante sistema de riego en esa zona.

El mismo contribuirá además a disminuir el detrimento de los bosques y biodiversidad, reducir las emisiones de CO₂ y aumentar la capacidad de adaptación al cambio climático.

II. Construcción del Nivel de Referencia

2.1. Área de contabilidad

El área de contabilidad del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF/NRF) de la República Dominicana será todo el territorio nacional, con la excepción de algunas pequeñas islas, cayos e islotes. El país ocupa un área de 48,198.00 km² (4, 819,800.00 ha), de los cuales 47,733.00 km² conformarán el área contable. La República Dominicana se encuentra en el Caribe en la isla La Hispaniola, que comparte con la República de Haití, entre las coordenadas geográficas de 17 ° 36 ' - 19 ° 58' N y 68 ° 19 ' - 72 ° 01' W. Su perímetro es de 1,963 km, de los cuales 1,575 km son costeros y 388 km de frontera con Haití. Al norte su límite natural es el océano Atlántico, al sur el Mar Caribe, al este el Canal de La Mona que la separa de Puerto Rico y al oeste la frontera terrestre con Haití.

2.2. Período histórico de referencia

El período de referencia es **2006-2015**. Se define este periodo de referencia, por cuanto el país cuenta con una serie consistente de mapas de uso de la tierra para los años 2005, 2010 y 2015 adecuados para la aplicación del enfoque 2 del IPCC. Estos mapas fueron desarrollados por el Ministerio de Ambiente de República Dominicana.

2.3. Actividades REDD+ incluidas

El Nivel de Referencia que se establece incluye las emisiones y remociones producidas en la conversión de tierras forestales a no forestales (deforestación) y la conversión a tierras forestales (aumento de existencias) y el flujo de carbono en tierras que permanecen como bosque (degradación forestal e incremento de existencias de carbono).

- Emisiones por Deforestación: constituyen las emisiones en Tierras forestales convertidas en otras tierras (cultivos y pastizales), **TF-TA y TF- OT**. La deforestación es la principal fuente de emisiones forestales. El promedio anual de emisiones de esta fuente es de **4,449,565 ton CO₂-e x año⁻¹**.
- Emisiones de la degradación forestal: constituyen las emisiones en Tierras forestales que permanecen como tales, **TF-TF**. 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 el porcentaje de cobertura de dosel, en tierras forestales que permanecen como tales, mediante puntos de evaluación visual multi temporal sobre imágenes de alta resolución. El promedio anual de emisiones de esta fuente es de **914,433 Ton CO₂-e x año⁻¹**.
- Aumento de existencias de carbono forestal: constituyen las remociones producidas en Tierras forestales que permanecen como tales, **TF-TF** y en Tierras convertidas en tierras forestales. **TA- TF y OT-TF**. La remoción de carbono producto de la recuperación de la cobertura de copa en tierras forestales que permanecen como tales, se estima mediante la misma metodología utilizada para calcular las emisiones derivadas de la degradación forestal. El promedio anual de remociones de esta fuente es de **-1,075,051 tCO₂-e x año⁻¹**. La remoción de carbono en tierras convertidas en tierras forestales no incluye la acumulación de carbono en bosque secundarios existentes previamente establecidos

antes del 2005. Las plantaciones forestales forman parte de esta subcategoría. El promedio anual de remociones de esta fuente es de **-2,171,614 tCO₂-e x año⁻¹**.

Es importante aclarar que las emisiones y remociones de carbono en tierras de conservación pública y privada o bajo manejo forestal, están incluidas en las estimaciones de emisiones de deforestación y degradación; así como también en el cálculo de remociones en bosques que permanecen como bosque y tierras convertidas en tierras forestales.

2.4. Definición de bosque

La construcción del nivel de referencia utiliza la siguiente definición operativa de Bosque:

“Ecosistema natural o plantado con diversidad biológica y enriquecimiento de especies leñosas, que produce bienes, provee servicios ambientales y sociales, cuya superficie mínima de tierra es de 0.81 ha (3x3 pixeles de 30m), con una cobertura de copa arbórea que supera el 30% de dicha superficie y árboles o arbustos con potencial para alcanzar una altura mínima de 5 metros en su madurez in situ y 3 metros para bosque seco. Se incluyen en esta definición los sistemas agroforestales que cumplan con estos criterios”.

A continuación, se brindan las definiciones de deforestación, degradación y reforestación consideradas en la estimación del Nivel de Referencia:

- **Definición de deforestación:** eliminación inducida por el hombre de la cobertura del dosel del bosque que sobrepasa el umbral del 30% 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. Considerando que dentro de las tierras forestales se incluyen los cultivos de cacao, café y otros frutales, la estimación de emisiones por deforestación incluye las transiciones de estos cultivos a tierras no forestales (vegetación leñosa y vegetación no leñosa).
- **Definición de degradación:** eliminación inducida por el hombre de la cobertura del dosel del bosque, sin llegar a disminuirla por debajo del umbral del 30% establecido en la definición de bosque. La eliminación de dosel puede ser temporal, y no resulta en un cambio de uso del suelo. La estimación del flujo de carbono por degradación se estima de forma bruta, considerando por separada pérdidas (degradación) y ganancias (aumento de reservorios) de existencias de carbono. Asimismo, considerando que dentro de las tierras forestales se incluyen los cultivos de cacao, café y otros frutales, la estimación de emisiones y remociones por degradación incluyen las transiciones de cultivos arbolados a bosque natural (húmedo, seco y pino) y viceversa.
- **Definición de reforestación:** Actividades que conducen a la conversión de tierras no forestales a bosque. Incluye 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

En las tablas 5 y 6 se indican los depósitos de carbono y gases de efecto invernadero incluidos en el nivel de referencia.

Tabla 5: Depósitos de carbono incluidos en el NREF/NRF de República Dominicana.

Depósitos de Carbono	Incluido	Justificación
Biomasa aérea	Si	Resultados finales del Inventario Nacional Forestal de República Dominicana ¹ y la Evaluación del contenido de biomasa y carbono en sistemas de no bosque ² , incluyen la estimación de Biomasa arriba del suelo para los principales tipos de bosque y usos no forestales. De acuerdo con estos resultados la biomasa arriba del suelo representa el 15.3% del Carbono total (AGB + BGB + Hojarasca + Materia muerta + Carbono en suelo). Se cuenta con tasas de acumulación de biomasa arriba del suelo en ecosistemas boscosos, específicas para el país (Sherman, Fahey, Martin, & Battles, Patterns of growth, recruitment, mortality and biomass across an altitudinal gradient in a neotropical montane forest, Dominican Republic, 2012).
Biomasa subterránea	Si	La biomasa subterránea de los bosques y los sistemas no bosque se calcula utilizando la ecuación de Cairns (Cairns, Brown, Helmer, & Braumgardner, 1997). La Biomasa subterránea representa el 3.6% del Carbono Total (AGB + BGB + Hojarasca + Materia muerta + Carbono en suelo).
Hojarasca	Si	El Inventario Nacional Forestal de República Dominicana y la Evaluación del contenido de biomasa y carbono en sistemas de no bosque, incluyen la estimación del contenido de carbono en la hojarasca, materia muerta y carbono en el suelo. De acuerdo con estas estimaciones, la hojarasca, materia muerta y carbono en suelo representan el 0.4%, 1.0% y 79.6% del Carbono total (AGB + BGB + Hojarasca + Materia muerta + Carbono en suelo). Esta información está disponible para todas las coberturas (bosque y no bosque). Cabe agregar, que no se cuenta con tasas de acumulación o pérdida de hojarasca, materia muerta o carbono en suelo en bosques secundarios y degradados,
Madera muerta	Si	
Materia orgánica del suelo (COS).	Si	

¹ La base estadística y el informe final del Inventario Nacional Forestal de República Dominicana pueden accederse en los siguientes vínculos:

<https://app.box.com/s/9vuip2sfla6hgntpgd0a7fnt6afsgfqf>

<https://app.box.com/s/tb9p4bvk8sl753d56wief9h2uirlysng>

² El registro de estimaciones de biomasa por parcela del inventario No Bosque puede accederse en el siguiente vínculo:

<https://app.box.com/s/1oc06gq3gb777gbj6aloxv30qn4wqd0r>

		específicos para el país, por lo que sólo se contabiliza el carbono orgánico de suelo en las estimaciones de emisiones por deforestación.
--	--	---

Tabla 6: Gases de efecto invernadero incluidos en el NREF/NRF de República Dominicana.

Gas de efecto invernadero	Incluido	Justificación
CO₂	Si	El NREF/NRF tiene en cuenta las emisiones y absorciones de CO ₂
CH₄	No	El Nivel de referencia no incluye las emisiones de gases distintas al CO ₂ resultantes de incendios forestales. Los datos históricos disponibles no son espacialmente explícitos y no hay datos disponibles sobre los impactos de los incendios, tales como cuales tipos de combustibles son afectadas, la proporción de combustible quemado, etc. Por otro lado, 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. Asimismo, las emisiones de CH ₄ y N ₂ O representan un 0.06% de las emisiones estimadas durante el periodo de referencia (609,051 tCO ₂ e*año ⁻¹), según la Tercera Comunicación (las emisiones de CH ₄ y N ₂ O, se estiman en 381.61 tCO ₂ e*año ⁻¹).
N₂O	No	

2.6. Datos de Actividad

Los datos de actividad utilizados para el cálculo del NREF/NRF son los siguientes:

- *Deforestación* (ha x año⁻¹): Área anual deforestada de bosque latifoliado, bosque seco, pino y cultivos arbolados, durante el periodo de referencia.
- *Degradación forestal* (ha x año⁻¹): Área anual de cambio en cobertura de copas en tierras que permanecen como bosque y área anual de cambio en las transiciones de Cultivos arbolados a Bosque natural (Latifoliado, Seco y Pino) y viceversa
- *Aumento de existencias de carbono forestal* (ha x año⁻¹): Área anual de bosque secundario regenerado y cultivos arbolados establecidos durante el periodo de referencia.

En la Tabla 7 se presentan las categorías de uso consideradas en la clasificación de uso y cobertura de la tierra para el desarrollo del nivel de referencia. Fue necesario armonizar las categorías de uso y cobertura de los mapas 2005 y 2015, con las utilizadas en la evaluación del contenido de biomasa y carbono en sistemas de no bosque y el Inventario Nacional Forestal de la República Dominicana. Se reclasificaron las categorías de los mapas de uso y de las parcelas de inventario de biomasa de acuerdo con los niveles 1, 2 y 3 consignados en la Tabla 7. Una vez reclasificadas las categorías, se construyó la matriz de cambio de uso para el cálculo del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF) de República Dominicana, consignada en la Tabla 8. A partir de esta matriz de transición se identifican 28 categorías de cambio de uso a considerar en el cálculo del NREF (Ver Tabla 8).

El flujo de trabajo para la estimación de los datos de actividad y su incertidumbre se presenta en la figura 4. Preliminarmente, los datos de actividad se calcularon a partir de los mapas de uso de tierra para los años 2005 y 2015³ (Ovalles, 2018). Estos mapas se basan en el procesamiento de imágenes satelitales ópticas de mediana resolución de los sensores del programa LandSat ETM y OLI (LandSat 7 y 8) compuestas de multi-bandas espectrales que permiten discriminar los diferentes tipos de bosques y uso de suelo. Con ellas se prepararon mosaicos libres de nubes mediante el uso de algoritmos de *Google Earth Engine (GEE)*. Se aplicaron las metodologías de clasificación supervisada y no-supervisada. La preparación de los mapas de cobertura y uso de suelo del 2005 consistió en una mejora y separación de clases más detalladas de mapas existentes elaborados con las mismas fuentes. Para el mapa de 2015 se usó el sistema de clasificación de la plataforma de GEE, lo cual constituye la primera experiencia en el país en el uso de esta herramienta. Finalmente, los mapas se reclasificaron en categorías de uso del suelo de acuerdo con el Nivel 2 de la Tabla 7. De este modo se garantiza la consistencia entre las categorías de uso y los datos disponibles de los inventarios de biomasa realizados en tierras forestales y no forestales.

A partir de los mapas reclasificados y mediante comparación cartográfica se obtiene el mapa de cambio de uso para el periodo de referencia 2006-2015⁴ (ver Figura 5), y se genera la matriz de cambio de uso consignada en la Tabla 8. Cabe resaltar que la matriz de cambio de uso obtenida a partir de estos mapas

³ Una copia de los mapas de uso y cobertura 2005 y 2015 puede obtenerse en el siguiente vinculo:

<https://app.box.com/s/arz3wnpbok8d44oote62yl6yvixb0ii3>

⁴ Una copia del mapa de cambio de uso del suelo 2005-2015 puede obtenerse en el siguiente vinculo:

<https://app.box.com/s/ius6ih679rxzjaf9b75w5hv7ip51rsm>

presenta transiciones inconsistentes entre los diferentes tipos de bosque, por ejemplo: i. 10,494 ha de Pino 2005 a Bosque latifoliado 2015, ii. 5,294 ha de Cuerpos de agua a Vegetación No Leñosa.

2.6.1. Procedimientos de evaluación de calidad / control de calidad de los datos de actividad

La evaluación del mapa de cambio de uso se realiza siguiendo las buenas prácticas y procedimientos de Olofsson *et al.* (2014). Es importante aclarar que aun cuando la buena práctica recomienda validar el producto cartográfico mediante un muestreo estratificado completando el número mínimo de parcelas en las categorías con baja representación, debido a la presencia de transiciones inconsistentes, se optó por utilizar una malla sistemática y generar datos de actividad de forma directa, ya que el producto cartográfico no fue validado.

En relación con la variación metodológica de Olofsson *et al.* (2014), utilizando un muestreo sistemático (MS), cabe señalar que los Métodos y Orientación de la Iniciativa Mundial de Observación de los Bosques (Global Forest Observations Initiative, 2016), consideran 3 tipos de muestreo probabilístico para la Estimación de la incertidumbre en una superficie y cambio en la superficie. Los diseños de muestreo a considerar son: a. Muestreo Aleatorio Simple (MAS), b. Muestreo Sistemático (MS) y c. Muestreo Aleatorio Estratificado (MAE).

La evaluación de los datos de referencia se realiza mediante una malla sistemática de 5 x 5 km (1,942 puntos), para así garantizar la distribución homogénea de la muestra de puntos entre todas las categorías de cambio. La densidad de la malla sistemática se estimó a partir del análisis de la muestra sistemática de 474 puntos de evaluación, realizada por Ovalles (2018). De acuerdo con este análisis, con un tamaño de la muestra de 1942 es posible alcanzar un error estándar de la precisión global de $S(\hat{\theta}) = 0.01$. Es importante aclarar que para las categorías de conversión de Pino a vegetación leñosa (15) y a vegetación no leñosa (16), fue necesario intensificar el muestreo con 141 puntos adicionales, mediante una malla intensificada de 1 x 1 km anidada en la malla de 5 x 5 km. El número total de puntos de muestreo es de 2,083 puntos (Figura 5).

Conjuntamente con el equipo MRV se establecieron los diferentes aspectos del Diseño de Muestreo de los puntos de referencia ("*Response Design*"): i. Unidad de evaluación visual; ii. Fuentes de datos de referencia; iii. Protocolo de clasificación; iv. Categorías de uso; v. Herramientas de evaluación visual. Asimismo, se establecen los Procedimientos de control y aseguramiento de la calidad: i. Control del sesgo de la foto-interpretación; ii. Control de la variabilidad entre foto-intérpretes; iii. Verificación de la foto-interpretación y iv. Control de la consistencia de los datos. (Ver Protocolo de Evaluación visual multitemporal para la obtención de datos de referencia para la estimación de la incertidumbre de los datos de actividad⁵)

El ejercicio de evaluación visual multi temporal se realiza con la herramienta Collect Earth y ArcGIS (para la visualización de información geográfica de referencia), utilizando imágenes de alta resolución de Google Earth, Bing Maps y otras colecciones disponibles de Landsat, Spot y RapidEye. Se utilizaron parcelas de evaluación de 90 x 90 m (equivalentes a 3 x 3 píxeles Landsat), con una cuadrícula interna de 3 x 3 puntos (dentro de cada parcela de 90 x 90 m) para medir la cobertura de cada elemento.

⁵ El Protocolo de Evaluación visual multi temporal para la obtención de datos de referencia para la estimación de la incertidumbre de los datos de actividad puede accederse en el siguiente vínculo:

<https://app.box.com/s/pdkqxqjxab12ygeo02sk5zzpj90cq3aq>

De acuerdo con la validación cartográfica, solamente en 10 de las 28 categorías de cambio, el área calculada mediante la comparación cartográfica de los mapas de uso y cobertura 2005 y 2015 (columna E en Tabla 12), están contenidas en el intervalo de confianza de las categorías de cambio (columna K en Tabla 12).

2.6.2. Estimación de áreas de cambio de cobertura

Las estimaciones de las áreas de cambio con su respectiva incertidumbre se consignan en la Tabla 12. A partir de los puntos de referencia, se realiza el análisis de la incertidumbre de los datos de actividad para cada una de las categorías de cambio a un nivel de significancia del 90%. Asimismo, se ajustan las áreas de cada una de las categorías de cambio con su respectivo error estándar. Estas áreas con su respectivo error son utilizadas para el cálculo del nivel de referencia, y el análisis de incertidumbre mediante el método de Monte Carlo.

Las estimaciones de área consignadas en la columna F de la Tabla 12 se realizan a partir de los datos de referencia obtenidos mediante muestreo sistemático. Con base en las parcelas de evaluación visual de cobertura se construye la matriz de transición 2006-2015, 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 con la siguiente fórmula: $\hat{A}_k = A \hat{p}_k$, donde A es el área total del mapa y \hat{p}_k , es la proporción de parcelas por categoría de cambio "k" (Ec 1). El error estándar del área estimada se calcula como $S(\hat{A}_k) = A S(\hat{p}_k)$ (Ec 4). La estimación de las áreas de cambio de cobertura de copas se calcula con base en las 721 parcelas de evaluación visual de cobertura en tierras que permanecen como bosque. La estimación del área de cambio "k" y sus respectivos límites de confianza son calculados de acuerdo con:

Ecuación 1: Áreas de Cambio de Cobertura de Copas

$$\hat{A}_k = A \hat{p}_k,$$

Donde A es el área total del país y

Ecuación 2: Parcelas de Evaluación Visual de Cobertura en Tierras

$$\hat{p}_k = \frac{n_k}{n},$$

Donde n_k es el número de parcelas en categoría k, y n el total de parcelas evaluadas. El error estándar del área estimada se estima como:

Ecuación 3: Error Estándar del Área Estimada

$$S(\hat{A}_k) = A S(\hat{p}_k)$$

El intervalo de confianza al 90% se calculó como:

Figura 5: Mapa de cambio de uso y cobertura de la tierra 2005-2015 de República Dominicana.

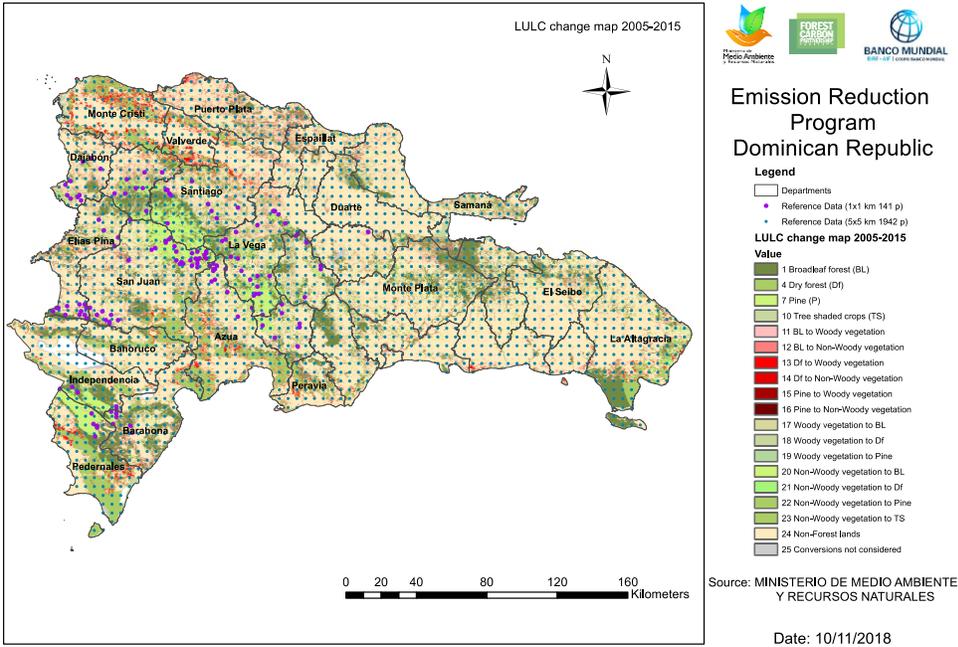


Tabla 7: Categorías de uso consideradas en la clasificación de uso y cobertura de la tierra.

Categorías de uso			Categorías de uso para inventarios GHG (IPCC, 2006)	Provincia de humedad (ArcGis, 2015)	Categoría mapas de uso 2005, 2010 y 2015 (Ovalles, 2018)	Categoría Inventario de Biomasa	Número de Parcelas ⁶ Fase 1+ Fase 2		
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3							
Tierras Forestales	1. Bosque latifoliado húmedo o pluvial y Mangle	Bosque latifoliado húmedo o pluvial	Forest Land	húmedo, muy húmedo y pluvial	Bosque latifoliado maduro	Bosque latifoliado húmedo	45+26		
						Bosque latifoliado nublado	4+7		
		Manglar		Bosque latifoliado secundario	Bosque latifoliado semi húmedo	13+133			
					Bosque de Mangle	Mangle	10 (6 y 4) + 61		
	2. Bosque Seco	Bosque Seco		seco, húmedo y muy húmedo	Bosque Seco	Bosque seco	26+42		
				3. Coníferas	Coníferas	seco, húmedo, muy húmedo y pluvial	Bosque Pino Denso	Bosque conífera denso	8+8
	Bosque Pino Ralo	Bosque conífera disperso					23+18		
	4. Cultivos agropecuarios arbolados	Cacao		Cropland	seco, húmedo, muy húmedo y pluvial	Cacao	Cacao	40	
						Café bajo sombra	Café bajo sombra	Café bajo sombra	4
							Café	Café	25
Frutales		Cultivo	seco, húmedo, muy húmedo y pluvial			Mango	7		
	Aguacate			8					
Tierras No Forestales	5. Vegetación Leñosa	Coco	seco, húmedo y muy húmedo	Coco	Coco	15			
		Matorral latifoliado húmedo o pluvial	húmedo, muy húmedo y pluvial	Matorral Latifoliado	Matorral Latifoliado	17			
							seco	Matorral Seco	Matorral Seco
		Palma natural y plantada	húmedo y muy húmedo	Palma Natural y Plantada	No Incluido	0			

⁶ Datos de la planificación del inventario y el pre-muestreo (Comunicación personal Ramón Díaz Jefe Unidad de Monitoreo Forestal)

Categorías de uso			Categorías de uso para inventarios GHG (IPCC, 2006)	Provincia de humedad (ArcGis, 2015)	Categoría mapas de uso 2005, 2010 y 2015 (Ovalles, 2018)	Categoría Inventario de Biomasa	Número de Parcelas ⁶ Fase 1+ Fase 2
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3					
	6.Vegetación No Leñosa	Pasto	Grassland	seco, húmedo, muy húmedo y pluvial	Pasto	Pasto	25
		Cultivos anuales y caña	Cropland		Arroz, vegetales, granos, musáceas	<i>No incluido</i>	0
		Suelo sin vegetación	Cropland	seco, húmedo y muy húmedo	Suelo Sin Vegetación	<i>No incluido</i>	0
		Zona urbana	Settlements	seco, húmedo y muy húmedo	Zona Urbana	<i>No incluido</i>	0
Otros usos	7.Otros usos	Cuerpos de Agua	Wetlands	seco, húmedo y muy húmedo	Cuerpos de Agua	<i>No aplica</i>	<i>No aplica</i>

Tabla 8: Matriz de cambio de uso del suelo utilizada para calcular el Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de la República Dominicana.

LULC category			2015														
			Forest							Non-Forest		7. Water	No information				
			1. Broadleaf forest		2. Dry forest		3. Pine		4. Tree shaded crops	5. Woody vegetation	6. Non-Woody vegetation						
			Degraded	Intact	Degraded	Intact	Degraded	Intact									
2005	Forest	1. Broadleaf forest	Degraded	S	F						Transition to Tree Shaded Crops	Forest land converted to Woody vegetation	Forest land converted to Non-Woody vegetation				
			Intact	D	S												
		2. Dry forest	Degraded			S	E										
			Intact			D	S										
		3. Pine	Degraded					S	E								
			Intact					D	S								
	4. Tree shaded crops	Transition to natural forest					E										
	Non-Forest	5. Woody vegetation		Woody vegetation converted to forest land					Land that remains as Non-forest land								
		6. Non-Woody vegetation		Non-Woody vegetation converted to forest land													
	7. Water		Transitions to and from water bodies are not included														
No information		Transitions to and from without information are not included															

S: Stable, E: Increase of canopy cover, D: Loss of canopy cover

Tabla 9: Categorías de cambio consideradas para el cálculo del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de República Dominicana

Categoría de transición IPCC	Código Transición	Transición		Puntos de muestreo en Mapa cambio de uso 05-15
		Origen	Destino	
Tierras forestales que permanecen como tales <i>TF-TF</i>	1	Bosque latifoliado húmedo o pluvial	Estable (S)	418
	2		Mejora (E)	
	3		Degradado (D)	
	4	Bosque Seco	Estable (S)	152
	5		Mejora (E)	
	6		Degradado (D)	
	7	Coníferas	Estable (S)	151
	8		Mejora (E)	
	9		Degradado (D)	
	10	Cultivos Arbolados	Estable (S)	130
	26	Cultivos Arbolados	Bosque latifoliado húmedo o pluvial	6
	31		Bosque Seco	0
	32		Coníferas	0
	27	Bosque latifoliado húmedo o pluvial	Cultivos Arbolados	2
	33	Bosque Seco		0
34	Coníferas	0		
Tierras forestales convertidas a tierras no forestales (deforestación) <i>TF-TA y TF-OT</i>	11	Bosque latifoliado húmedo o pluvial	Vegetación Leñosa	28
	12		Vegetación No Leñosa	40
	13	Bosque Seco	Vegetación Leñosa	9
	14		Vegetación No Leñosa	8
	15	Coníferas	Vegetación Leñosa	6
	16		Vegetación No Leñosa	11
	30	Cultivo arbolado	Vegetación Leñosa	0
	28		Vegetación No Leñosa	10
Tierras convertidas a tierras forestales <i>TA-TF y OT-TF</i>	17	Vegetación Leñosa	Bosque Secundario latifoliado húmedo o pluvial	56
	18		Bosque Secundario Seco	41
	19		Regeneración de coníferas	16
	29		Establecimiento Cultivos arbolados	2
	20	Vegetación No Leñosa	Bosque Secundario latifoliado húmedo o pluvial	62
	21		Bosque Secundario Seco	14
	22		Regeneración de coníferas	9
	23		Establecimiento de Cultivos arbolados	9
Tierras no forestales que permanecen como tales	24	Vegetación Leñosa y No Leñosa	Vegetación Leñosa y No Leñosa	853
Sin información	25			60
Total				2083

Tabla 10: Matriz de cambio de uso para el periodo 2006-2015 obtenido a partir de los mapas de uso y cobertura (Área en Hectáreas)

LULC category		2015								
		No Information	Broadleaf forest	Dry forest	Pine	Tree shaded crops	Woody vegetation	Non-Woody Vegetation	Water	Total
2006	No information	3,455.91	96.66	63.81	19.17	12.42	84.15	231.12	70.47	4,033.71
	Broadleaf forest	227.97	679,680.27	-	2,667.87	10,042.29	51,539.49	194,617.35	547.83	939,323.07
	Dry forest	168.39	-	358,667.28	23.58	196.74	37,367.10	69,043.23	1,301.67	466,767.99
	Pine	2.52	10,494.45	35.91	222,507.18	325.62	2,163.87	12,062.79	44.55	247,636.89
	Tree shaded crops	0.99	26,195.94	383.67	1,090.71	237,927.24	6,266.07	36,917.10	173.88	308,955.60
	Woody vegetation	128.25	86,531.31	15,497.19	1,476.45	5,018.76	160,000.83	152,229.06	1,245.51	422,127.36
	Non-Woody vegetation	507.33	140,705.01	19,420.74	16,475.49	18,705.96	128,110.05	2,035,703.43	8,511.39	2,368,139.40
	Water	174.96	696.51	463.50	71.10	163.44	583.47	5,293.98	12,948.66	20,395.62
Total		4,666.32	944,400.15	394,532.10	244,331.55	272,392.47	386,115.03	2,506,098.06	24,843.96	4,777,379.64

Tabla 11: Matriz de cambio de uso para el periodo 2006-2015 obtenido a partir de los datos de referencia

LULC category		2015							
		Broadleaf forest	Dry forest	Pine	Tree shaded crops	Woody vegetation	Non-Woody Vegetation	Water	Total
2006	Broadleaf forest	418		2	2	18	40		480
	Dry forest		152			9	8	1	170
	Pine	7	1	151		6	11		176
	Tree shaded crops	6			130		10		146
	Woody vegetation	56	41	16	2	102	36	1	254
	Non-Woody vegetation	62	14	9	9	41	674	5	814
	Water	2					1	40	43
	Total	551	208	178	143	176	780	47	2083

Tabla 12: Área de cambio de uso y cobertura de la tierra para el periodo 2006-2015 en República Dominicana

Categoría IPCC	Categoría de cambio de uso del suelo		Número de puntos (A)	Exactitud del productor (B)	Exactitud ponderada del productor (C)	Exactitud del usuario (D)	Área según mapa (ha) (E)	Área estimada por muestreo (ha)	Error estándar (G)	Intervalo de confianza 90% (ha) (H)	Error (%) (I)	Límites de confianza (ha) (90%) (J)	¿Contiene el área calculada en el mapa? (K)
Tierras Forestales	1	Bosque Latifoliado	418	0.47	0.48	0.73	679,680	958,687	41,933	69,127	7%	889560-1027814	NO
	4	Bosque Seco	152	0.65	0.67	0.70	358,667	348,613	27,232	45,067	13%	303547-393680	SI
	7	Bosque de Coníferas	151	0.36	0.53	0.63	222,507	346,320	27,149	44,932	13%	301388-391252	NO
	10	Cultivos arbolados	130	0.46	0.45	0.60	237,927	298,156	25,327	41,958	14%	256198-340114	SI
	26	C Arbolado a B Latifoliado	6	0.00	0.00	0.00	26,196	13,761	5,611	10,904	79%	2858-24665	SI
	31	C Arbolado a B Seco	0				384	-	-	-	0%	0-0	NO
	32	C Arbolado a Coníferas	0				1,091	-	-	-	0%	0-0	NO
	27	B Latifoliado a C Arbolado	2	0.00	0.00	0.00	10,042	4,587	3,243	9,469	206%	-4882-14056	SI
	33	B Seco a C Arbolado	0				197	-	-	-	0%	0-0	NO
	34	Coníferas a C Arbolados	0				326	-	-	-	0%	0-0	NO
Tierras forestales convertidas en Tierras No Forestales	11	B latifoliado a Veg Leñosa	18	0.06	0.04	0.04	51,539	41,283	9,691	16,804	41%	24479-58088	SI
	12	B latifoliado a Veg No leñosa	40	0.15	0.19	0.09	194,617	91,740	14,369	24,195	26%	67545-115935	NO
	13	B seco a Veg Leñosa	9	0.11	0.08	0.05	37,367	20,642	6,867	12,589	61%	8053-33230	NO
	14	B seco a Veg No Leñosa	8	0.00	0.00	0.00	69,043	18,348	6,476	12,043	66%	6305-30391	NO
	15	Coníferas a Veg leñosa	6	0.00	0.00	0.00	2,164	13,761	5,611	10,904	79%	2858-24665	SI
	16	Coníferas a Veg No Leñosa	11	0.73	0.09	0.07	12,063	25,229	7,588	13,628	54%	11601-38857	SI
	30	B latifoliado a Veg Leñosa	0				6,266			6,814	109%		NO
	28	C arbolado a Veg No leñosa	10	0.00	0.00	0.00	36,917	22,935	7,237	13,117	57%	9818-36052	SI
Tierras convertidas en Tierras Forestales	17	Veg Leñosa a B Sec Latifoliado	56	0.09	0.08	0.13	86,531	128,437	16,935	28,324	22%	100113-156760	NO
	18	Veg Leñosa a B Sec Seco	41	0.10	0.06	0.36	15,497	94,034	14,544	24,476	26%	69558-118509	NO
	19	Veg Leñosa a Reg Coníferas	16	0.00	0.00	0.00	1,476	36,696	9,141	15,959	43%	20737-52655	NO
	29	Veg Leñosa a C Arbolado	2	0.00	0.00	0.00	5,019	4,587	3,243	9,469	206%	-4882-14056	SI
	20	Veg No Leñosa a B Sec Latifoliado	62	0.06	0.08	0.08	140,705	142,198	17,793	29,710	21%	112487-171908	SI

Categoría IPCC	Categoría de cambio de uso del suelo		Número de puntos (A)	Exactitud del productor (B)	Exactitud ponderada del productor (C)	Exactitud del usuario (D)	Área según mapa (ha) (E)	Área estimada por muestreo (ha)	Error estándar (G)	Intervalo de confianza 90% (ha) (H)	Error (%) (I)	Límites de confianza (ha) (90%) (J)	¿Contiene el área calculada en el mapa? (K)
	21	Veg No Leñosa a B Sec Seco	14	0.00	0.00	0.00	19,421	32,109	8,555	15,067	47%	17042-47177	SI
	22	Veg No Leñosa a Reg Coníferas	9	0.00	0.00	0.00	16,475	20,642	6,867	12,589	61%	8053-33230	SI
	23	Veg No Leñosa a C Arbolado	9	0.00	0.00	0.00	18,706	20,642	6,867	12,589	61%	8053-33230	SI
Otras Tierras	24	Otras tierras	853	0.82	0.87	0.70	2,476,043	1,956,363	51,486	84,779	4%	1871585-2041142	NO
	25	Sin información	60	0.53	0.34	0.64	50,511	137,611	17,512	29,256	21%	108354-166867	NO

2.7. Factores de emisión y remoción

Los Factores de emisión y remoción utilizados para el cálculo del NREF/NRF son los siguientes:

- Factores de emisión por deforestación ($t\ CO_2\ ha^{-1}\ año^{-1}$): Cambio anual en las existencias de carbono producto de la conversión de tierras forestales a cultivos y pastizales, estimada a partir de la densidad de carbono incluyendo AGB, BGB, MM, H y SOC para bosques latifoliados, bosques secos, pinares, cultivos arbolados, vegetación leñosa y vegetación no leñosa.
- Factores de remoción para bosques secundarios y cultivos perennes ($t\ CO_2\ ha^{-1}\ año^{-1}$): Tasa de crecimiento anual del AGB, de bosque secundario latifoliado, seco y pinares, y cultivos arbolados.
- Factores de emisión y remoción por degradación forestal: Pérdida y ganancia de AGB debido al cambio en la densidad de dosel en bosques que permanecen como bosque, durante el periodo de referencia ($t\ CO_2\ ha^{-1}$); y cambio anual en las existencias de carbono producto de la conversión de Cultivos arbolados a Bosque natural (Latifoliado, Seco y Pino) y viceversa ($t\ CO_2\ ha^{-1}\ año^{-1}$).

2.7.1. Densidades de carbono para categorías forestales y no forestales

Los datos del Inventario Nacional Forestal (INF) (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015) y de la Evaluación del contenido de biomasa y carbono en sistemas de no bosque en la República Dominicana (ISNB) (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017(b)), fueron utilizados para estimar la densidad de carbono de cada uno de los usos de suelo y los factores de emisión de las categorías de cambio de uso. Ambos inventarios fueron realizados utilizando la misma parcela principal y parcelas anidadas para la determinación de la densidad de carbono para cada componente reconocido como sumidero (ver Figura 7 y Tabla 13). El flujo de trabajo para la estimación de las densidades de carbono de los diferentes usos del suelo se presenta en la Figura 4. Ambos inventarios aportan un total de 487 parcelas⁷, con estimaciones de Biomasa aérea (AGB), materia muerta (MM) y hojarasca (H), y 329 parcelas con estimaciones de carbono en suelo (SOC). La distribución de las parcelas del INF se muestra en Figura 6.

La biomasa aérea por parcela se estima a partir de la base de datos a nivel de árbol, tomando en cuenta el área de las unidades de muestreo. Ante la ausencia de ecuaciones alométricas específicas para los bosques latifoliados de República Dominicana, el cálculo de la biomasa aérea (AGB) se realiza con las ecuaciones alométricas de Chave et al. (2014) en ambos inventarios (INF y ISNB). Para el caso del pino se utiliza una ecuación alométrica local. En el caso de los cultivos de café, cacao, coco, mango, aguacate y guayaba se utilizan ecuaciones alométricas desarrolladas en Nicaragua y Costa Rica (Tabla 18). La estimación de la biomasa subterránea (BGB) se realiza con la ecuación de Cairns et al. (Cairns, Brown,

⁷ Una copia de la base de datos utilizados para la estimación de las densidades de carbono puede obtenerse en el siguiente vínculo:

<https://app.box.com/s/1szokt8ezuvqndjruvxyjwue5eulkxx>

Helmer, & Braumgardner, 1997). En ambos inventarios, el factor para convertir biomasa a carbono es el valor por defecto del IPCC (0.47).

2.7.2. Factores de emisión y remoción por degradación forestal:

Las emisiones y remociones de la degradación o del aumento de existencias de carbono en bosques que permanecen como bosques, se han evaluado relacionando el cambio en la densidad de dosel con el cambio en la biomasa. Mediante evaluación visual de imágenes de alta resolución, se determinó la cobertura de dosel en un subconjunto de 270 parcelas del INF⁸, incluyendo bosque latifoliado, bosque seco y bosques de pino. La biomasa se relacionó con la cobertura forestal para 3 categorías de cobertura de dosel: baja 33-56%, media 67-78% y alta 89%-100 (ver Figura 9). Estas regresiones se aplicaron para estimar la pérdida de biomasa, en cada uno de los 721 puntos de evaluación visual ubicados en tierras que permanecen como bosques durante el periodo de referencia (2006-2015). Se calculó la desviación estándar de 1,000 iteraciones de estimación del cambio promedio en AGB (pérdida y ganancia) utilizando el error medio cuadrático (RMS) del modelo ajustado, truncando la aleatorización al intervalo [0, valor AGB máximo]⁹.

2.7.3. Factores de Remoción

Los factores de remoción se expresan como la tasa de crecimiento anual de bosques secundarios y cultivos arbolados en t CO₂ ha⁻¹ año⁻¹. En ambos inventarios (NFI e ISNB) no se estiman tasas de crecimiento de biomasa para bosques secundarios ni cultivos arbolados. En ausencia de estudios para República Dominicana, la tasa de remoción de carbono de cultivos arbolados se obtiene de Somarribas et al (2013)¹⁰. Los autores estiman la tasa de acumulación de carbono en sistemas agroforestales de Cacao en América Central. La tasa de remoción de carbono de bosques secundarios latifoliados, bosques secos y bosques de pino se obtiene de Sherman et al (2012). Los autores estiman el crecimiento neto de biomasa para bosques latifoliados, bosques secos y de pino en la República Dominicana.

A continuación, se presentan los factores de emisión y remoción utilizados para el cálculo de las emisiones por deforestación (Tablas 13 y 14), aumento de existencias de carbono (Tabla 15) y degradación forestal (Tabla 16). Para las estimaciones de emisiones de COS por deforestación se utilizaron los datos por defecto (IPCC Tier 1) que se presentan en la Tabla 14¹¹, ya que los datos nacionales actualmente solo representan promedios por tipo de uso de suelo, sin tomar en cuenta tipo de suelo, estado de degradación del bosque, entre otros, por lo que las estimaciones de emisiones de COS por deforestación representan

⁸ Una copia de la base de datos, utilizada para el ajuste del modelo de cambio de biomasa en función del cambio de dosel, puede obtenerse en el siguiente vínculo:

<https://app.box.com/s/9kb6hjlhp1xtvx4kliv0mitlr7woo740>

⁹ Una copia de la base de datos utilizada para estimar la desviación estándar, se puede obtener en el siguiente vínculo: <https://app.box.com/s/ctI7k0ph97o9y95kq953qpq1b798nbf2>

¹¹ Una copia con los factores de emisión COS utilizados en el calculo del NRF puede obtenerse en el siguiente vinculo: <https://app.box.com/s/zsnqtcsoc057xo25mtmylu8owm4tplld>

incongruencias. En la sección 6 se explica cómo se van a mejorar los datos nacionales de COS para en el futuro contar con estimaciones a nivel de Tier 2.

Tabla 13: Factores de emisión de Biomasa aérea y subterránea, materia muerta y hojarasca.

Clases de cambio de uso del suelo	Densidad de carbono antes de la conversión (tCO ₂ /ha)		Densidad de carbono después de la conversión (tCO ₂ /ha)		Factor de Emisión			
	Promedio AGB+BGB+MM+H	Límite de confianza	Promedio AGB+BGB+MM+H	Límite de confianza	tCO ₂ /ha	%	EE	Límite de confianza
Bosque latifoliado a Vegetación Leñosa	225.64	20.06	100.44	23.46	125.20	9%	5.98	11.85
Bosque latifoliado a Vegetación No Leñosa	225.64	20.06	62.95	46.29	162.69	17%	14.35	28.44
Bosque Seco a Vegetación leñosa	139.57	19.36	100.44	23.46	39.13	13%	2.50	4.96
Bosque Seco a Vegetación No Leñosa	139.57	19.36	62.95	46.29	76.62	25%	9.58	18.98
Coníferas a Vegetación leñosa	220.68	22.59	100.44	23.46	120.24	10%	6.15	12.20
Coníferas a Vegetación No Leñosa	220.68	22.59	62.95	46.29	157.73	18%	14.46	28.64
Cultivos Arbolados a Vegetación leñosa	232.94	30.63	100.44	23.46	132.50	12%	7.74	15.34
Cultivos Arbolados a Vegetación No leñosa	232.94	30.63	62.95	46.29	169.99	19%	16.09	31.89
Cultivo Arbolado a Bosque Latifoliado	232.94	30.63	225.64	20.06	7.30	8%	0.29	0.58
Cultivo Arbolado a Bosque Seco	232.94	30.63	139.57	19.36	93.37	10%	4.58	9.08
Cultivo Arbolado a Coníferas	232.94	30.63	220.68	22.59	12.26	8%	0.52	1.03
Bosque Latifoliado a Cultivo Arbolado	225.64	20.06	232.94	30.63	(7.30)	8%	0.29	(0.58)
Bosque Seco a Cultivo Arbolado	139.57	19.36	232.94	30.63	(93.37)	10%	4.58	(9.08)
Coníferas a Cultivo Arbolados	220.68	22.59	232.94	30.63	(12.26)	8%	0.52	(1.03)

Tabla 14: Factores de emisión de COS, Tier 1; A) factores de cambio por entradas al sistema F_i , por cambio de uso de suelo F_{LU} y por régimen de manejo F_{MG} ; B) COS de referencia por tipo de bosque; C) pérdida total de COS por tipo de cambio y tipo de bosque, incluyendo la incertidumbre de cada variable (ver también capítulo IV).

A. Factores de cambio por enmiendas (F_i), por cambio de uso del suelo (F_{LU}) y por régimen de manejo (F_{MG})

Transición	F_i			F_{LU}			F_{MG}
	Factores de cambio de reservorio (adimensional)						
	Latifoliado Húmedo	Latifoliado Seco	Pino	Latifoliado Húmedo	Latifoliado Seco	Pino	F_{MG}
Bosque a Agricultura permanente	0.92	0.95	0.94	0.83	0.92	0.83	1
Bosque a Pastizal altamente degradado	1	1	1	1	1	1	0.7
Bosque a Agricultura itinerante intensiva	0.92	0.95	0.94	0.64	0.64	0.64	1
Incertidumbre (%)							
Bosque a Agricultura permanente	14	13	50	11	13	11	40
Bosque a Pastizal altamente degradado							
Bosque a Agricultura itinerante intensiva	14	13	50	50	50	50	

B. Carbono orgánico del suelo de referencia (COSR_{ef}) por tipo de bosque

Tipo de suelo	COS de referencia (tC/ha)				Incertidumbre (tC/ha)			
	Latifoliado	Latifoliado	Pino	Manglar	Latifoliado	Latifoliado	Pino	Manglar
	Húmedo	Seco			Húmedo	Seco		
LAC	38	19	44		5	10	11	
Volcánico	70	50	96		90	90	31	
HAC	40	21	51		7	5	10	
SAN	27	9	52		12	9	34	
WET	68	22	82		17	17	50	
Manglar organico				471				7.9
Manglar mineral				286				14.5

C. Pérdida total de COS por tipo de cambio y tipo de bosque

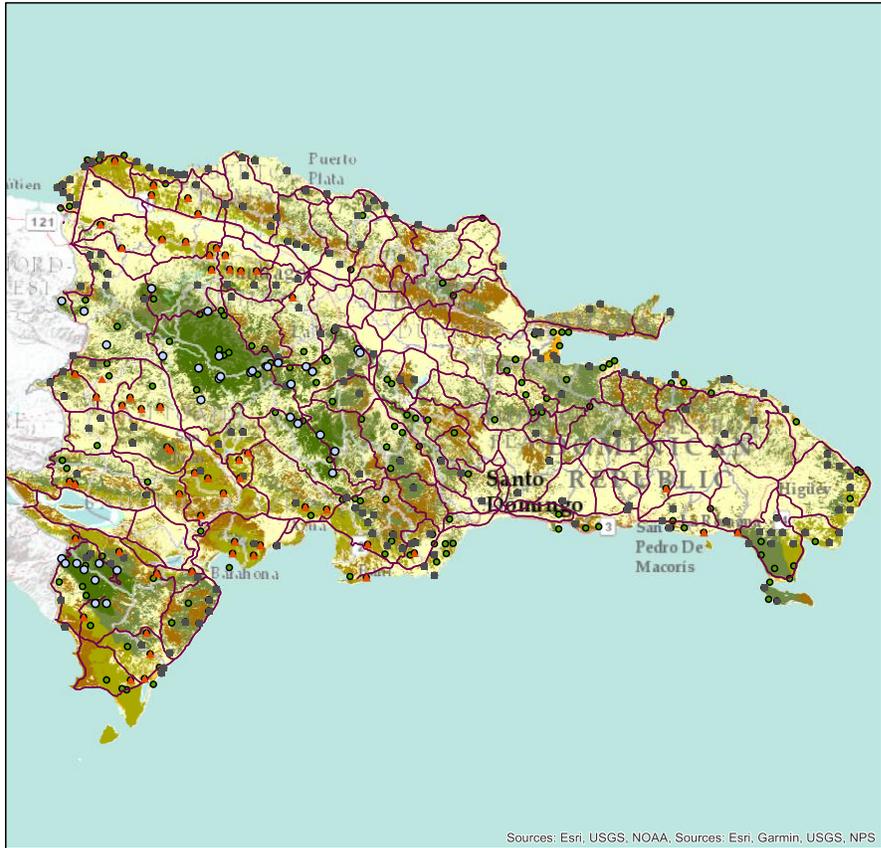
Tipo de suelo	COS ₀ - COS _{0,T}				COS _{ref} - COS _{ref} *F _u *F _{mg}				COS _{ref} *F _u *F _{mg}			
	Bosque -> Agricultura (tC/ha)				Bosque -> Agricultura (tC/ha)				Bosque -> Agricultura (tC/ha)			
	Pérdida ΔCOS (tC/ha)				Incertidumbre (tC/ha)				Incertidumbre SOC _{0,T} (tC/ha)			
	Latifoliado	Latifoliado	Pino	Manglar	Latifoliado	Latifoliado	Pino	Manglar	Latifoliado	Latifoliado	Pino	Manglar
	Húmedo	Seco			Húmedo	Seco			Húmedo	Seco		
LAC	8.98	2.39	9.67		5.4	9.2	13.1		18.5	20.9	52.4	
Volcanic	16.55	6.30	21.10		74.9	80.6	27.6		91.7	91.9	59.8	
HAC	9.46	2.65	11.21		6.7	4.9	12.5		19.1	19.1	52.2	
SAN	6.38	1.13	11.43		10.5	8.3	30.0		21.5	20.5	61.5	
WET	16.08	2.77	18.02		14.5	15.4	43.0		24.6	25.0	71.6	
ORG (manglar orgánico - mineral)				185.00				7.34				
	Pérdida Bosque -> Pastizal (tC/ha)											
LAC	11.40	5.70	13.20		10.1	12.2	12.8		40.3	41.2	41.5	
Volcanic	21.00	15.00	28.80		72.9	72.9	26.6		98.5	98.5	50.6	
HAC	12.00	6.30	15.30		10.8	10.1	12.2		40.6	40.3	41.2	
SAN	8.10	2.70	15.60		13.3	11.7	28.8		41.8	41.0	52.5	
WET	20.40	6.60	24.60		16.5	16.5	41.2		43.5	43.5	64.0	
ORG (manglar orgánico - mineral)								7.34				
	Pérdida Bosque -> Veg no-leñosa (50% Agric y 50% Past; tC/ha)											
LAC	10.19	4.05	11.44		7.4	9.9	13.0		29.40	31.08	46.92	
Volcanic	18.77	10.65	24.95		73.8	76.1	27.1		95.12	95.17	55.23	
HAC	10.73	4.47	13.25		8.4	6.6	12.5		29.87	29.68	46.70	
SAN	7.24	1.92	13.51		11.6	9.2	29.4		31.62	30.73	56.98	
WET	18.24	4.69	21.31		15.2	15.3	42.1		34.04	34.25	67.80	
ORG (21% Humedal WET; 79% Manglar)	149.98	147.13	150.63		9.0	9.0	14.6					
	Pérdida Bosque -> Veg leñosa (agricultura itinerante intensiva (tC/ha)											
LAC	15.63	7.45	17.53		15.61	16.47	21.85		52.2	52.6	71.6	
Volcanic	28.78	19.60	38.25		70.60	70.95	31.23		103.9	103.8	77.2	
HAC	16.45	8.23	20.32		16.05	15.05	21.57		52.4	51.9	71.4	
SAN	11.10	3.53	20.72		17.70	16.12	33.03		53.3	52.4	78.5	
WET	27.96	8.62	32.67		19.96	19.59	43.44		54.6	54.4	86.6	
ORG (part Wetland; part Mangrove)	152.02	147.96	153.01		9.99	9.92	14.93					
	Pérdida TS -> veg no-leñosa (tC/ha)											
LAC	10.19				9.39				40.3			
Volcanic	18.77				73.96				98.5			
HAC	10.73				10.21				40.6			
SAN	7.24				12.94				41.8			

Tabla 15: Factor de remoción para bosque secundario y cultivos arbolados

Secondary forest	AGB mean t C*ha ⁻¹ *año ⁻¹	Standard Error
Broadleaf forest	2.64	1.38
Dry forest	2.64	1.38
Pine	1.24	0.21
Tree shaded crops	2.60	2.40

Tabla 16: Factores de cambio de biomasa debido a la degradación y mejora del dosel forestal.

Tierras forestales	Promedio t CO ₂ *ha ⁻¹	Error
Pérdida de AGB en bosque latifoliados en el periodo 2006-2015	18.45	94%
Pérdida de AGB en bosque seco durante el periodo 2006-2015	12.29	126%
Pérdida de AGB en bosques de pino durante el periodo 2006-2015	20.02	147%
Ganancia de AGB en bosque latifoliados en el periodo 2006-2015	-19.27	132%
Ganancia de AGB en bosque seco durante el periodo 2006-2015	-12.03	175%
Ganancia de AGB en bosques de pino durante el periodo 2006-2015	-22.41	155%



Emission Reduction Program Dominican Republic

Legend

NFI Plots: Canopy cover - AGB

- Broadleaf Forest
- ▲ Dry forest
- Pine
- Roads
- NFI plots with no canopy assessment

Land use / land cover 2015

Categories

- Broadleaf Forest
- Dry Forest
- Pine
- Water
- Tree shaded crops
- Woody vegetation
- Non woody vegetation

Source: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Date: 10/13/2018

Figura 6: Ubicación de las parcelas del Inventario nacional de República Dominicana. En forma separada se indica el subconjunto de parcelas utilizadas en la evaluación visual de cobertura de copas para la estimación de la relación biomasa-densidad de copas, utilizada en la estimación de las emisiones y remociones por degradación forestal.

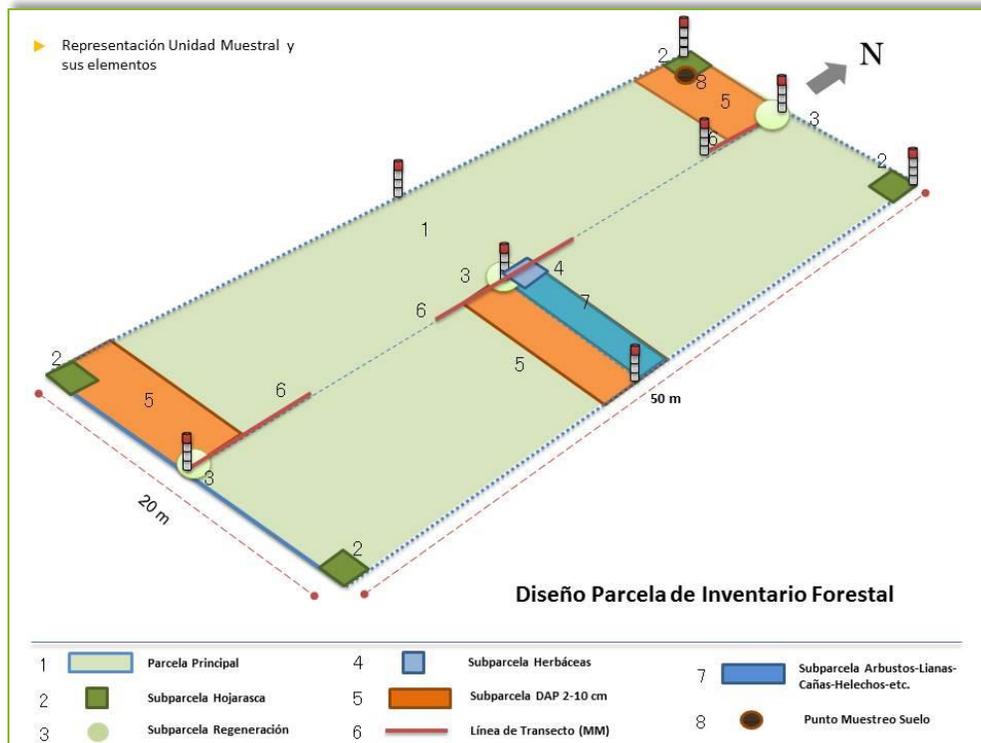


Figura 7: Parcela principal y parcelas anidadas para la determinación de la densidad de carbono para cada componente reconocido como sumidero en el Inventario Nacional Forestal (NFI) y en la Evaluación del contenido de biomasa y carbono en sistemas de no bosque en la República Dominicana (ISNB).

Tabla 17: Unidad de muestreo y variables evaluadas para cada uno de los reservorios de carbono, utilizadas en el Inventario Nacional Forestal y la evaluación de contenido de biomasa en sistemas no bosque.

Componente	Inventario nacional forestal (NFI)	Evaluación de contenido de biomasa en sistemas de no bosque (ISNB)
Biomasa aérea de los árboles mayores a 10 cm DAP	Parcela principal (UMP): Rectangular de 20 m x 50 m. Se miden todos los árboles vivos y muertos en pie, con un DAP igual o mayor de 10 cm.	Parcela principal (UMP): Rectangular de 20 m x 50 m. Aplica para todas las coberturas leñosas de no bosque. Se miden todos los árboles vivos y muertos en pie, con un DAP igual o mayor de 10 cm. En el caso de mango y aguacate, se mide, además, el diámetro de los individuos a 50 cm por encima del suelo.
Regeneración (árboles menores a 2 cm de DAP)	Parcela regeneración (UMR): 3 subparcelas circulares de 1 m de radio. Se registra la altura de todos los individuos de las especies arbóreas (con potencial de alcanzar una altura superior a los 5 m en estado adulto) cuya altura sea inferior o igual a 1.5 m y su diámetro sea menor a 2cm de DAP.	Parcela regeneración (UMR): 3 subparcelas circulares de 1 m de radio. Aplica para los casos de coco, matorral seco y pastizal. Se registra la altura de todos los individuos de las especies arbóreas (con potencial de alcanzar una altura superior a los 5 m en estado adulto) cuya altura sea inferior o igual a 1.5 m y su diámetro sea menor a 2cm de DAP
Biomasa árboles mayores a 2 cm de DAP, pero menores a 10 cm de DAP	Parcela secundaria (UMS): 3 parcelas rectangulares de 5 m x 10 m. En esta unidad se miden los DAP de todos los individuos de las especies arbóreas cuyo diámetro sea igual o superior a 2 cm, pero inferior a 10 cm.	Parcela secundaria (UMS): 3 parcelas rectangulares de 5 m x 10 m. Aplica a café, cacao y matorral seco. En estas coberturas se mide el diámetro de la siguiente forma: Café a 15 cm por encima del suelo; cacao a 30 cm por encima del suelo; y matorral seco a 30 cm por encima del suelo. En esta

		unidad se miden los DAP de todos los individuos de las especies arbóreas cuyo diámetro sea igual o superior a 2 cm, pero inferior a 10 cm.
Biomasa de maderas muertas	Línea de transepto (LT): 3 líneas de 10 m de longitud sobre la que se evalúan las intersecciones con material muerto caído. Se registran todas las piezas de madera con diámetro mayor a 2 cm, yaciendo sobre la superficie del suelo o entremezcladas con la hojarasca justo en el punto de cruce con la línea de intercepción planar.	Línea de transepto (LT): 3 líneas de 10 m de longitud sobre la que se evalúan las intersecciones con material muerto caído. Aplica en café, cacao, coco y matorral seco. Se registran todas las piezas de madera con diámetro mayor a 2 cm, yaciendo sobre la superficie del suelo o entremezcladas con la hojarasca justo en el punto de cruce con la línea de intercepción planar.
Biomasa de hojarasca	Marco de muestreo cuadrado (UMH): 4 parcelas de 0.5 m x 0.5 m. Se registra la biomasa no leñosa, la cual incluye tanto la hojarasca (biomasa muerta) como las hierbas (biomasa no leñosa viva sobre el suelo). El diámetro máximo para el material leñoso a considerar será de 2 cm.	Marco de muestreo cuadrado (UMH): 4 parcelas de 0.5 m x 0.5 m. Aplica en café, cacao, coco, matorral seco y pastizal. Se registra la biomasa no leñosa, la cual incluye tanto la hojarasca (biomasa muerta) como las hierbas (biomasa no leñosa viva sobre el suelo). El diámetro máximo para el material leñoso a considerar será de 2 cm.
Biomasa del suelo	Punto de muestreo de suelo (PMS): Se toma un punto de muestreo de suelo en la segunda subparcela de biomasa no leñosa, en uno de los vértices de la parcela principal. A una profundidad de 15 cm, deberán ser colectadas muestras de suelo separadas para análisis de carbono orgánico y densidad aparente.	Punto de muestreo de suelo (PMS): Se toma un punto de muestreo de suelo en la cuarta subparcela de biomasa no leñosa. En el punto de muestreo de suelo se toman las muestras para la densidad aparente y para el análisis de carbono a una profundidad de 15 cm. Estas muestras deben ser recolectadas de acuerdo a las pautas dadas por el laboratorio donde se realizarán los análisis
Diversidad de herbáceas	Parcela de herbáceas (UMDH): una parcela cuadrada de 1 m ² . Se registra la presencia y abundancia de especies del estrato de herbáceas en el área muestreada.	Parcela de herbáceas (UMDH): una parcela cuadrada de 1 m ² . Aplica para coco, matorral seco y pastizal. Se registra la presencia y abundancia de especies del estrato de herbáceas en el área muestreada.
Diversidad de arbustivas, lianas, cañas, helechos y otras	Parcela Arbustivas (UMDA): 1 parcela rectangular de 2.5 m x 10 m. Corresponde con la mitad norte de la subparcela de biomasa de árboles de 2 a 10 cm de DAP localizada en esta misma zona de la Parcela Principal. Se registra la presencia y abundancia de especies del estrato de arbustivas en el área muestreada.	Parcela Arbustivas (UMDA): 1 parcela rectangular de 2.5 m x 10 m. Corresponde con la mitad norte de la subparcela de biomasa de árboles de 2 a 10 cm de DAP localizada en esta misma zona de la Parcela Principal. Aplica en coco y matorral seco. Se registra la presencia y abundancia de especies del estrato de arbustivas en el área muestreada.

Tabla 18: Modelos alométricos utilizados para la estimación de la Biomasa arriba del suelo de los componentes registrados en el Inventario nacional forestal (NFI) e (ISNB).

Componente	Inventario nacional forestal (NFI)	Evaluación de contenido de biomasa en sistemas de no bosque (ISNB)
Árboles ($dap \geq 5$ cm) todas las especies	Ecuación 6: $AGB = (0.0673 * (GE * dap^2 * H_t)^{0.976})$ (Chave, y otros, 2014)	Pantropical
Árboles de ($2 > dap < 5$ cm) todas las especies	Ecuación 7: $\ln(AGB) = -9.37673 + 2.30119 \ln(dap) + 0.30297 \ln(H_t)$ (Arreaga, 2002)	Petén, Guatemala
Árboles de <i>P. occidentalis</i> y <i>P. caribaea</i> . (>2 cm dap)	Ecuación 8: $\ln(AGB) = 1.17 + 2.119 * \ln(dap)$ (Brown, 1996) (Márquez, 2000) República Dominicana	No aplica
Cultivo de <i>Café-Coffea arabica</i>	Ecuación 9: $\ln(AGB) = -2.39287 + 0.95285 * LN(dap) + 1.2693 * LN(H_t)^{12}$ (dap 0,3 - 7,5 cm; HT 0,31 - 3,40 m)	Ecuación 10 $\log(AGB) = -1.181 + 1.991 * \log(d15)$ (Segura & Suárez, 2006) Matagalpa, Nicaragua

¹² Suárez (2002)

<p>Otros cultivos: Cacao-Theobroma cacao; Aguacate-Persea americana; Guayaba-Psidium guajaba; Narajana-Citrus aurantium, C. Sinensis; Mango-Mangifera indica.</p>	No aplica	<p>Ecuación 11 $\log(AGB) = -1.11 + 2.64 * \text{Log}(dap)$ (Andrade, Segura, Somarriba, & Villalobos, 2008)</p>
<p>Coco-Cocos nucifera</p>	No aplica	<p>Ecuación 12 $\log(AGB) = 6.8414 * dap^{2.086} + 2.7340 * dap^{2.1837} + 2.7402 * dap^{1.9408}$ (Ares, et al., 2002) Costa Rica</p>

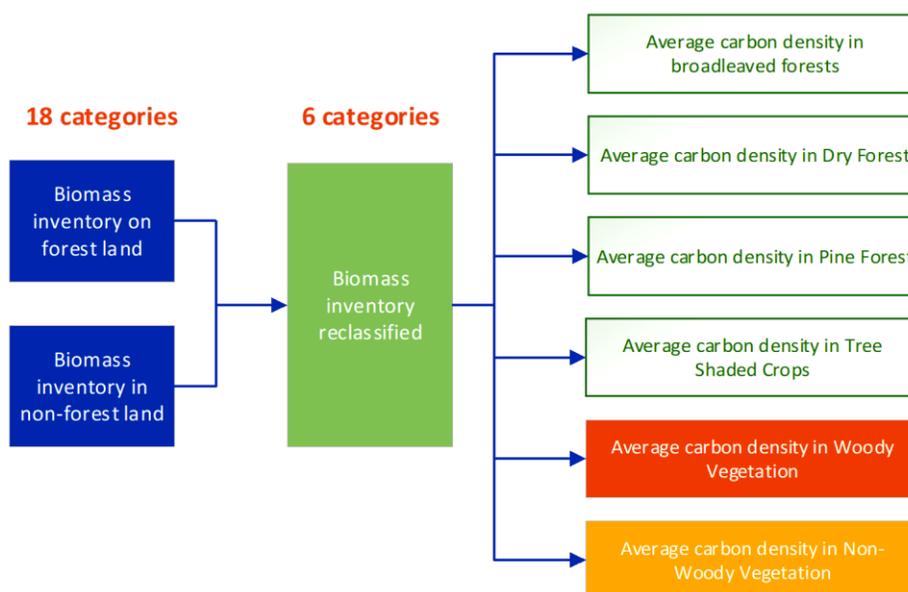


Figura 8: Flujo de trabajo para la estimación de densidad de carbono y su correspondiente incertidumbre para cada una de las diferentes categorías de uso.

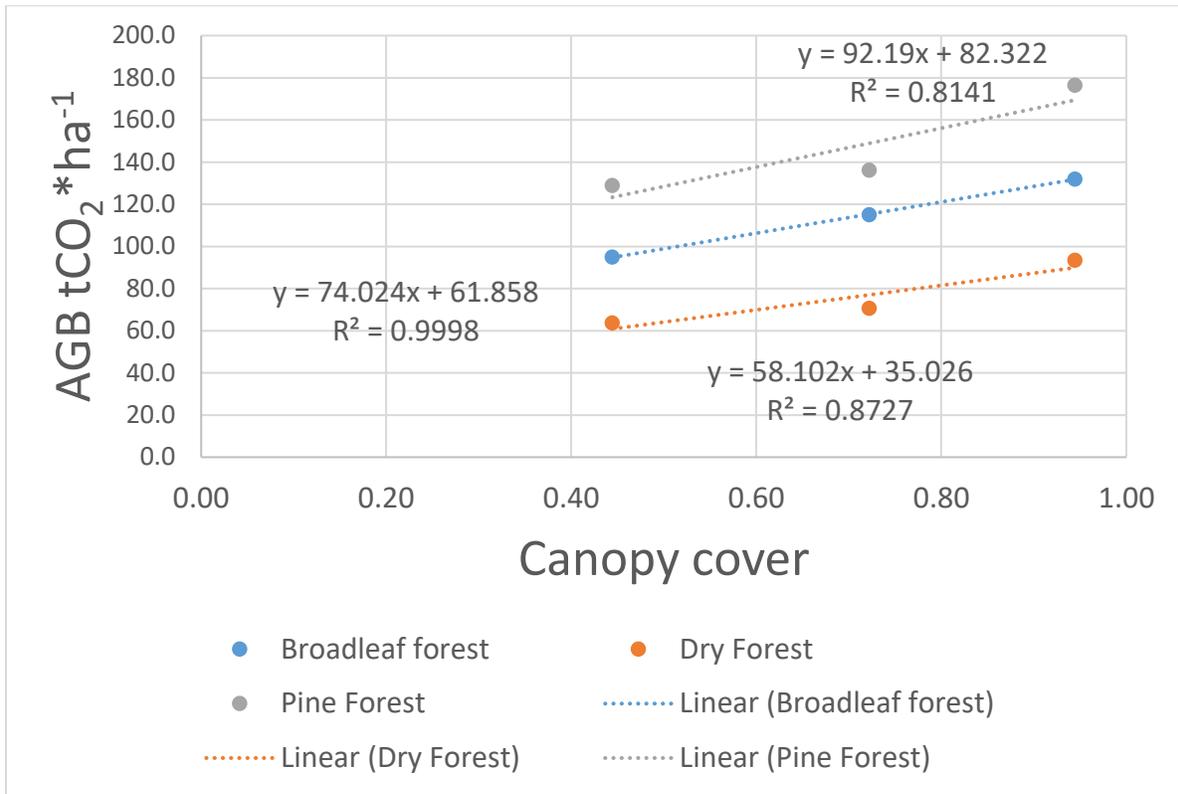


Figura 9: Modelo de regresión de biomasa AGB en función de la cobertura del dosel, para bosque latifoliado, bosque seco y bosques de pino. Se relaciona la biomasa promedio estimada para 3 categorías de cobertura de dosel (baja 3-5 puntos sobre copas, media 6-7 puntos sobre copas y alta 8-9 puntos sobre copas) con el punto medio de la categoría en porcentaje.

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

El nivel de referencia incluye las emisiones y remociones promedio derivadas del período de referencia. Las emisiones de gases de efecto invernadero por deforestación y degradación 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) (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). Los cambios en las existencias de carbono se calculan como la suma de los cambios anuales en biomasa aérea (AGB) para cada una de las categorías de cambio. Las áreas donde se aplican ambos enfoques son espacialmente separadas, para evitar doble conteo.

Ecuación 13. Cambios en las Existencias de Carbono en un Depósito dado según la Diferencia Anual Promedio entre Estimaciones en Dos Momentos Diferentes (Método de Diferencia de Existencias)

$$\Delta C = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)}$$

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.

Ecuación 14. Cambios en las Existencias Anuales de Carbono de un Depósito Dado en Función de las Pérdidas y las Ganancias (Método de Pérdidas y Ganancias)

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

ΔC_B : Cambio anual en las reservas de carbono 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)

3.1. Emisiones por deforestación.

Las emisiones históricas promedio se definen como la suma de las emisiones debidas a la deforestación en cada una de las categorías de bosque durante el período de referencia; estos se calculan a partir de los datos de actividad y las densidades de carbono descritos en la sección anterior. En la Tablas 19, 20 y 21 se consigna un resumen de los cálculos. Las emisiones por deforestación se estiman considerando los depósitos de carbono en biomasa aérea, biomasa subterránea, materia muerta, hojarasca y carbono orgánico del suelo (COS). Es importante aclarar que, debido a la ausencia de datos de actividad de deforestación previos al periodo de referencia, no es posible estimar las emisiones heredadas del COS, considerando un periodo de transición de 20 años. Por tal motivo se asume la liberación inmediata del COS asumiendo un periodo de transición de 1 año (D). Dado que la tasa de deforestación era más alta en los 80s y 90s, consideramos que este supuesto es conservador.

Las emisiones promedio por deforestación para el período de referencia de 10 años es de **4,449,565 t CO₂-e* año⁻¹**. La siguiente ecuación se utiliza para calcular el factor de emisión de deforestación:

Ecuación 15. Factores de Emisión de Deforestación

$$FE_{biomasa} = (C_{bio,pre} - C_{bio,post}) * \frac{44}{12}$$

$$FE_{COS} = \frac{(COS_0 - COS_0 * F_{LU} * F_{MG} * F_I)}{D} * \frac{44}{12}$$

FE : Factor de Emisión, t CO₂-e*ha⁻¹

$C_{bio,pre}$: Existencias de C en biomasa antes del cambio forestal, t C/ha

$C_{bio,post}$: Existencias de C en biomasa después de la deforestación, t C/ha

COS_0 : Carbono orgánico inicial o de referencia del suelo

D : Período de tiempo para la transición a un nuevo valor de equilibrio. (1 año)

F_{LU} : Factor de cambio de existencias de C orgánico del suelo mineral para los sistemas o subsistemas de uso de la tierra para un régimen particular de perturbación del uso de la tierra. Este factor es adimensional.

F_{MG} : Factor de cambio de existencias de C orgánico para suelo mineral para determinado régimen de gestión. Este factor es adimensional.

F_I : Factor de cambio de existencias de C orgánico para el suelo mineral para la entrada de enmiendas orgánicas. Este factor es adimensional.

Las emisiones anuales de CO₂-e por deforestación se calculan con la siguiente ecuación:

Ecuación 16. Emisiones anuales de CO₂-e por Deforestación

$$E_D = \frac{1}{10} * \sum_i DA_{Biomasa_i} * FE_{biomasa_i} + \sum_{i,j} DA_{SOC_{i,j}} * FE_{SOC_{i,j}}$$

E_D : Emisiones anuales por deforestación (t CO₂*año⁻¹)

DA : Dato de actividad de la transición de bosque a no bosque (ha).

FE Factor de Emisión de la transición de bosque a no bosque, (tC_ha⁻¹).

i : Categoría de cambio de uso

j : Tipo de suelo en la categoría de cambio de uso

Tabla 19: Emisiones anuales Promedio por deforestación

Reservorio	Emisiones anuales
	tCO ₂ /año
Biomasa - AGB+BGB+MM+HH	3,184,010
Carbono orgánico del suelo - COS	1,265,555
Total	4,449,565

Tabla 20: Emisiones anuales debido a deforestación para el reservorio de Biomasa.

Clases de cambio de uso del suelo	Área deforestada		Factor de emisión		Emisiones anuales
	ha	EE	ha/año	tCO ₂ /ha	EE

11 B Latifoliado a Veg Leñosa	41,283.17	9,690.73	4,128.32	125.20	5.98	516,865
12 B Latifoliado a Veg No Leñosa	91,740.37	14,368.93	9,174.04	162.69	14.35	1,492,524
13 B Seco a Veg Leñosa	20,641.58	6,867.30	2,064.16	39.13	2.50	80,771
14 B Seco a Veg No Leñosa	18,348.07	6,476.11	1,834.81	76.62	9.58	140,583
15 Coníferas a Veg Leñosa	13,761.06	5,611.18	1,376.11	120.24	6.15	165,463
16 Coníferas a Veg No Leñosa	25,228.60	7,588.42	2,522.86	157.73	14.46	397,931
28 C Arbolado a Veg No Leñosa	22,935.09	7,237.02	2,293.51	169.99	16.09	389,874
	233,937.94					3,184,010

Tabla 21: Emisiones anuales debido a deforestación para el reservorio de Carbono orgánico en suelo.

Tipo de Suelo IPCC	Clases de cambio de uso del suelo	Datos de actividad			Factor de Emisión SOC		Emisiones anuales
		Área (ha)	IC (90%)	EE	tC/ha	EE	tCO ₂ /yr
HAC	B latifoliado a Veg Leñosa	25,229	13,627.93	7,588	16.45	16.05	152,152
HAC	B latifoliado a Veg No leñosa	20,642	12,588.53	6,867	10.73	8.39	81,196
HAC	B seco a Veg Leñosa	13,761	10,903.53	5,611	8.23	15.05	41,536
HAC	B seco a Veg No Leñosa	16,055	11,479.83	6,059	4.47	6.65	26,331
HAC	Coníferas a Veg leñosa						
HAC	Coníferas a Veg No Leñosa						
HAC	C arbolado a Veg No leñosa	11,468	10,324.13	5,124	10.73	10.21	45,109
ORG	B latifoliado a Veg Leñosa	2,294	14,480.65	2,294	152.02	9.99	127,843
ORG	B latifoliado a Veg No leñosa	2,294	14,480.65	2,294	149.98	9.00	126,126
ORG	B seco a Veg Leñosa						
ORG	B seco a Veg No Leñosa						
ORG	Coníferas a Veg leñosa						
ORG	Coníferas a Veg No Leñosa						
ORG	C arbolado a Veg No leñosa						
LAC	B latifoliado a Veg Leñosa	11,468	10,324.13	5,124	15.63	15.61	65,702
LAC	B latifoliado a Veg No leñosa	55,044	19,116.75	11,174	10.19	7.36	205,696
LAC	B seco a Veg Leñosa	4,587	9,468.73	3,243	7.45	16.47	12,527
LAC	B seco a Veg No Leñosa	2,294	14,480.65	2,294	4.05	9.89	3,403
LAC	Coníferas a Veg leñosa	11,468	10,324.13	5,124	17.53	21.85	73,708
LAC	Coníferas a Veg No Leñosa	22,935	13,116.82	7,237	11.44	13.04	96,168
LAC	C arbolado a Veg No leñosa	2,294	14,480.65	2,294	10.19	9.39	8,571
SAN	B latifoliado a Veg Leñosa						
SAN	B latifoliado a Veg No leñosa	4,587	9,468.73	3,243	7.24	11.59	12,179
SAN	B seco a Veg Leñosa	2,294	14,480.65	2,294	3.53	16.12	2,967
SAN	B seco a Veg No Leñosa						
SAN	Coníferas a Veg leñosa						
SAN	Coníferas a Veg No Leñosa	2,294	14,480.65	2,294	13.51	29.43	11,365
SAN	C arbolado a Veg No leñosa	2,294	14,480.65	2,294	7.24	12.94	6,090
VOL	B latifoliado a Veg Leñosa	2,294	14,480.65	2,294	28.78	70.60	24,206

Tipo de Suelo IPCC	Clases de cambio de uso del suelo	Datos de actividad			Factor de Emisión SOC		Emisiones anuales tCO ₂ /yr
		Área (ha)	IC (90%)	EE	tC/ha	EE	
VOL	B latifoliado a Veg No leñosa	9,174	9,771.77	4,584	18.77	73.76	63,152
VOL	B seco a Veg Leñosa						
VOL	B seco a Veg No Leñosa						
VOL	Coníferas a Veg leñosa	2,294	14,480.65	2,294	38.25	31.23	32,163
VOL	Coníferas a Veg No Leñosa						
VOL	C arbolado a Veg No leñosa	6,881	9,344.18	3,971	18.77	73.96	47,364
							1,265,555

3.2. Aumento de existencias de carbono forestal en tierras convertidas en tierras forestales

El promedio de remociones históricas de la mejora de las reservas de carbono en bosques secundarios y nuevas áreas de cultivos arbolados se ha calculado como la sumatoria de las remociones dividido por el número de años comprendido en el período de referencia. La remoción histórica de carbono es de - **2,088,453 t CO₂-e* año⁻¹** (Tabla 22). La siguiente ecuación se utiliza para calcular las remociones anuales de CO₂-e derivadas del crecimiento secundario:

Ecuación 17. Remociones Anuales de CO₂-e derivadas del Crecimiento Secundario

$$E_e = \left\{ \left(50 * CA_{bl} * \left[\frac{AD_{wv-bl} + AD_{nwv-bl}}{10} \right] + 50 * CA_{df} * \left[\frac{AD_{wv-df} + AD_{nwv-df}}{10} \right] + 50 * CA_p * \left[\frac{AD_{wv-p} + AD_{nwv-p}}{10} \right] + 50 * CA_{ts} * \left[\frac{AD_{wv-ts} + AD_{nwv-ts}}{10} \right] \right) * \frac{44}{12} \right\} / 10$$

E_e : Mejora de carbono forestal en tierras convertidas en tierras forestales.

AD_{wv-bl} : Datos de actividad - Vegetación leñosa a bosque latifoliado

AD_{nwv-bl} : Datos de actividad - Vegetación no leñosa a bosque latifoliado

AD_{wv-df} : Datos de actividad - Vegetación leñosa a bosque seco

AD_{nwv-df} : Datos de actividad - Vegetación no leñosa a bosque seco

AD_{wv-p} : Datos de actividad - Vegetación leñosa a pino

AD_{nwv-df} : Datos de actividad - Vegetación no leñosa a pino

AD_{nv-ts} : Datos de actividad - Vegetación leñosa a cultivos arbolados

AD_{nwv-ts} : Datos de actividad Vegetación no leñosa a cultivos arbolados

CA_{bl} : Tasa de acumulación de carbono Bosque latifoliado

CA_{df} : Tasa de acumulación de carbono Bosque seco

CA_p : Tasa de acumulación de carbono Bosque de pinos

CA_{ts} : Tasa de acumulación de carbono Cultivos arbolados

El área total convertida a bosque secundario o cultivos arbóreos entre 2006 y 2015 se dividió entre 10, asumiendo que cada año cambia la misma área. Se supone que el área que remueve CO₂ aumenta cada año en la misma área, hasta el año 10. Para estimar las remociones anuales durante el período 2006-2015, se suma las remociones anuales y se divide por 10 (Tabla 22).

Tabla 22: Estimación del aumento de existencias de carbono forestal

Período de Referencia	Categoría de cambio de uso del suelo								Total	Total
	17	18	19	29	20	21	22	23		
Año	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	tC/yr	tCO ₂ /yr

1	12,844	9,403	3,670	459	14,220	3,211	2,064	2,064	-56,958	-208,845
2	25,687	18,807	7,339	917	28,440	6,422	4,128	4,128	-170,873	-626,536
3	38,531	28,210	11,009	1,376	42,659	9,633	6,192	6,192	-284,789	-1,044,227
4	51,375	37,614	14,678	1,835	56,879	12,844	8,257	8,257	-398,705	-1,461,917
5	64,218	47,017	18,348	2,294	71,099	16,055	10,321	10,321	-512,620	-1,879,608
6	77,062	56,420	22,018	2,752	85,319	19,265	12,385	12,385	-626,536	-2,297,299
7	89,906	65,824	25,687	3,211	99,538	22,476	14,449	14,449	-740,452	-2,714,989
8	102,749	75,227	29,357	3,670	113,758	25,687	16,513	16,513	-854,367	-3,132,680
9	115,593	84,630	33,027	4,128	127,978	28,898	18,577	18,577	-968,283	-3,550,371
10	128,437	94,034	36,696	4,587	142,198	32,109	20,642	20,642	-1,082,199	-3,968,062
Promedio anual									-569,578	-2,088,453

3.3. Emisiones por degradación forestal y aumento de existencias de carbono forestal en bosques que permanecen como bosques.

La estimación del promedio de emisiones y remociones históricas en tierras que permanecen como bosques considera la biomasa aérea, el área de cambio en cobertura de copas en bosques naturales y el área de cambio en las transiciones de Cultivos arbolados a Bosque natural (Latifoliado, Seco y Pino) y viceversa. Las emisiones promedio se estiman dividiendo la suma de emisiones en bosques naturales y transiciones de cultivos arboladas, por el número de años comprendido en el período de referencia. La emisión histórica por degradación es de 914,433.35 tCO₂-e* año⁻¹ y la remoción histórica de carbono es de -1,075,051.24 tCO₂-e* año⁻¹ (Tabla 23). La siguiente ecuación se utiliza para calcular las emisiones / remociones anuales de CO₂-e derivadas de la degradación o mejora del dosel en bosques naturales:

Ecuación 18. Emisiones y remociones anuales de CO₂-e derivadas de la degradación o mejora del carbono en tierras forestales permanentes

$$E_{TierrasForestales} = E_{degbn} + E_{ganbn} + E_{degts} + E_{gants}$$

Donde

$$E_{degbn} = \frac{1}{10} \sum_f AD_{degf} * AL_f; E_{ganbn} = \frac{1}{10} \sum_f AD_{mejoraf} * AG_f; E_{degts} = \frac{1}{10} \sum_f AD_{f-ts} * FE_{f-ts} \vee E_{gants} = \frac{1}{10} \sum_f AD_{ts-f} * FE_{ts-f}$$

E_{degbn} : Emisiones por degradación forestal en los bosques naturales.

E_{ganbn} : Mejora del carbono forestal en los bosques naturales

E_{degts} : Emisiones por degradación forestal en conversiones de bosque a cultivos arbolados

E_{gants} : Mejora del carbono forestal en conversiones de cultivos arbolados a bosque natural.

f : Tipo de bosque

AD_{degf} : Superficie degradada por tipo de bosque

$AD_{mejoraf}$: Superficie con mejora de cobertura de copas por tipo de bosque

AD_{f-ts} : Datos de actividad - bosque natural a cultivo arbolado

AD_{ts-f} : Datos de actividad – cultivo arbolado a bosque natural

AL_{bl} : Pérdida promedio de AGB por tipo de bosque durante el período de referencia 2006-2015.

AG_{bl} : Promedio de ganancias de AGB por tipo de bosque durante el período de referencia 2006-2015.

FE_{f-ts} : Factor de emisión - bosque natural a cultivo arbolado

FE_{ts-f} : Factor de emisión – cultivo arbolado a bosque natural

Tabla 23: Emisiones por degradación forestal y aumento de las existencias de carbono forestal en tierras que permanecen como bosque

Tierras que permanecen como tierras forestales	Emisiones (tCO ₂ -e*año ⁻¹)	Remociones (tCO ₂ -e*año ⁻¹)	Total (tCO ₂ -e*año ⁻¹)
Bosque latifoliado	355,528.25	-645,369.19	-289,840.95
Bosque seco	61,995.77	-91,059.27	-29,063.50
Coníferas	128,571.76	-215,843.58	-87,271.82
Degradación / mejora en bosques naturales	546,095.78	-952,272.05)	-406,176.27
C Arbolado a B Latifoliado	368,338		368,338
C Arbolado a B Seco	-		-
C Arbolado a Coníferas	-		-
B Latifoliado a C Arbolado		-122,779	-122,779
B Seco a C Arbolado		-	-
Coníferas a C Arbolados		-	-
Degradación / mejora entre Bosque natural y cultivos arbolados	368,338	-122,779	245,558
Total	914,433.35	-1,075,051.24	-160,617.89

3.4. Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

En la Tabla 24 se consigna el Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de República Dominicana. La memoria de cálculo puede accederse en el siguiente vínculo:

<https://app.box.com/s/vbiotzoanibwujr8bvtg754e1xseemgc>

Tabla 24: Nivel de referencia de emisiones forestales de República Dominicana.

Periodo de Referencia	Emisiones históricas anuales promedio de la deforestación durante el Período de referencia (tCO ₂ -e/año)	Emisiones históricas anuales promedio de la degradación forestal durante el Período de referencia (tCO ₂ -e/año)	Promedio anual de remociones históricas por sumidero durante el Período de referencia (tCO ₂ -e/año)		Nivel de referencia (tCO ₂ -e/año)
			Tierras convertidas en tierras forestales	Tierras que permanecen como bosque	
<i>Promedio 2006-2015</i>	4,449,565	914,433	-2,088,453	-1,075,051	2,200,494

IV. Análisis de incertidumbre.

La incertidumbre de la estimación Nivel de Referencia de emisiones y remociones forestales (NREF), se cuantifica utilizando el método de Montecarlo. Las fuentes de errores de los niveles de referencia de deforestación, degradación y mejora de las reservas de carbono se combinan en una sola estimación de incertidumbre y se informa al nivel de confianza de 90% de dos colas. Las dos fuentes principales de incertidumbre son los errores relacionados con los datos de actividad y los factores de emisión o remoción.

4.1 Datos de Actividad.

Los datos de actividad utilizados en el cálculo del NREF son estimados a partir de los Datos de Referencia, obtenidos mediante la evaluación visual del uso del suelo en imágenes de alta resolución, sobre una malla sistemática de 5 x 5 km (1,942 puntos). Se realizó un muestreo sistemático para garantizar la distribución homogénea de la muestra de puntos entre todas las categorías de cambio. Es importante aclarar que para las categorías de conversión de Pino a vegetación leñosa (15) y a vegetación no leñosa (16), fue necesario aumentar el muestreo en 141 puntos adicionales, mediante una malla intensificada de 1 x 1 km.

Las fuentes de incertidumbre en la evaluación visual de la malla sistemática están asociadas a **i.** Tamaño de la muestra (densidad de la malla sistemática), **ii.** Interpretación de la cobertura y **iii.** Calidad de las imágenes disponibles para evaluar la cobertura.

i. Tamaño de la muestra: La densidad de la malla sistemática se estimó a partir del análisis de una muestra sistemática de 474 puntos de evaluación, realizada por Ovalles (2018). De acuerdo con este análisis, con un tamaño de la muestra de 1,942 es posible alcanzar un error estándar de la precisión global de $S(\hat{\theta}) = 0.01$. Considerando los puntos adicionales de la malla intensificada 1x1 km en las categorías de cambio de pino, el total de la muestra es de 2,083 puntos. No obstante, esta puede ser la más importante fuente de incertidumbre. Solamente en 6 de las 19 categorías de cambio de uso el error relativo al 90% de significancia es menor al 20%. Las categorías de cambio de uso menores a las 13,000 ha presentan incertidumbres entre 71 y 109%.

iii. Interpretación de la cobertura: El sesgo de la fotointerpretación del uso del suelo y la densidad de copas se controló mediante la homologación de criterios y el establecimiento de árboles de decisión para la evaluación visual de imágenes de alta y baja resolución (Figura 10). Para reducir la variabilidad entre foto-interpretadores se realizaron ejercicios de entrenamiento utilizando muestras comunes, hasta lograr la consistencia adecuada.

iii. Calidad de las imágenes disponibles: No se considera que la disponibilidad y la resolución espacial de las imágenes sea una fuente importante de incertidumbre. Para la totalidad de la muestra fue posible determinar el uso de referencia en las dos fechas: 2005 y 2015. La principal fuente de error podría estar vinculada a la resolución temporal. Para el 2005 se debieron utilizar imágenes de hasta 3 años antes y 2 años después. En el caso del 2015 la ventana de evaluación es más restringida. En resumen, para el 76% de los puntos muestreados en el 2005 y el 90% del 2015, fue posible obtener imágenes de alta resolución cercanas al año a evaluar (Tabla 25).

Tabla 25: Resolución espacial y temporal de las imágenes utilizadas en la determinación del uso del suelo y la densidad de copas.

Assessment	Resolution			Total
2005	Low	Medium	High	
< 2002	0%	0%	2%	2%
2002-2007	20%	0%	76%	96%
>2007	0%	0%	2%	2%
Total	20%	0%	80%	100%

Assessment	Resolution			Total
2015	Low	Medium	High	
< 2013	0%	0%	3%	3%
2013-2017	4%	0%	90%	94%
>2017	0%	0%	3%	3%
Total	4%	0%	96%	100%

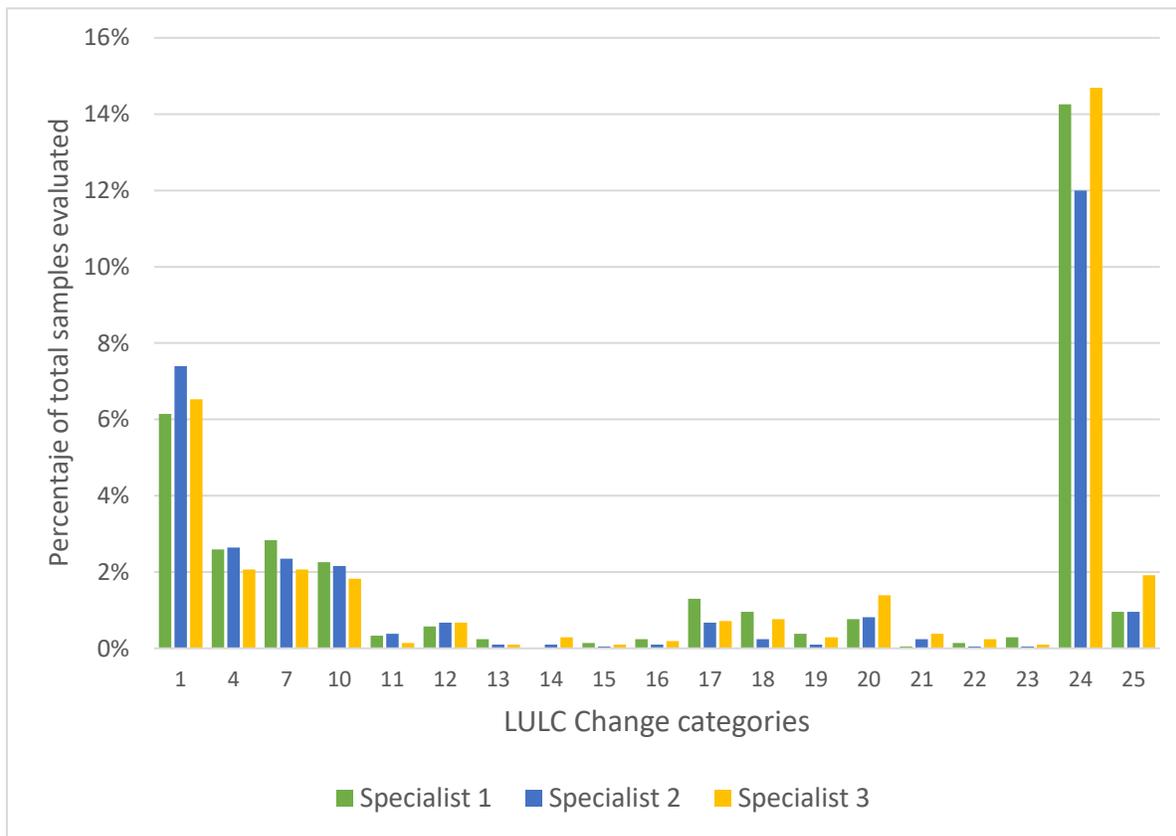


Figura 10: Consistencia en la evaluación del cambio de uso del suelo entre intérpretes. Fuente: Datos de Referencia.

4.2. Factores de Emisión por Deforestación.

Los datos del Inventario Nacional Forestal (NFI) y de la Evaluación del contenido de biomasa y carbono en sistemas de no bosque en la República Dominicana (ISNB), fueron utilizados para estimar la densidad de

carbono en biomasa de cada uno de los usos de suelo y los factores de emisión de las categorías de cambio de uso. Ambos inventarios fueron realizados utilizando la misma parcela principal y parcelas anidadas para la determinación de la densidad de carbono para cada componente reconocido como sumidero (Tabla 17).

Ante la ausencia de ecuaciones alométricas específicas para los bosques latifoliados de República Dominicana, el cálculo de la biomasa aérea se realiza con las ecuaciones alométricas de Chave et al. (2014). Para el caso del pino se utiliza una ecuación alométrica local (Márquez, 2000). En el caso de los cultivos de café, cacao, coco, mango, aguacate y guayaba se utilizan ecuaciones alométricas desarrolladas en Nicaragua y Costa Rica (ver Tabla 18). La estimación de la biomasa subterránea (BGB) se realiza con la ecuación de Cairns et al. (1997). En ambos inventarios, el factor de carbono utilizado es el valor por defecto del IPCC, igual a 0.47.

La principal fuente de error de los factores de emisión está vinculada al hecho de que ninguna de las ecuaciones utilizadas para calcular AGB y BGB, de las coberturas forestales (excluyendo los bosques de Pino) y coberturas agropecuarias, está calibrada específicamente para República Dominicana.

Asimismo, la otra fuente de error podría estar relacionada con la agrupación de las categorías de uso No Forestales, y al hecho de que algunas de estas categorías de uso no se cuentan con parcelas de estimación de carbono (AGB, MM, H y SOC): i. Palma natural y plantada, ii. Cultivos anuales y caña, iii. Suelos sin vegetación y iv. Zonas urbanas (Ver Tabla 7). No obstante, las categorías de uso Vegetación Leñosa y Vegetación No Leñosa, presentan errores estándar similares a las categorías Forestales.

Para estimar la incertidumbre de los factores de emisión del COS se utilizaron los niveles de error de las tablas de IPCC y las fórmulas de propagación de error para la estimación de pérdida de COS por cada tipo de cambio de uso de suelo y tipo de suelo:

Para multiplicaciones se utilizaron la fórmula 3.1 de IPPC reporte de Incertidumbres:

Ecuación 19. Combinación de Incertidumbres – Método 1 - Multiplicaciones

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_i^2 + \dots + U_n^2}$$

Donde U_{total} = el porcentaje de incertidumbre en el producto de las cantidades (la mitad del 95% intervalo de confianza dividida por el total y expresada como un porcentaje)

U_i = el porcentaje de incertidumbre asociada cada uno de las cantidades

Para la suma y resta se utilizaron la fórmula 3.2:

Ecuación 20. Combinación de Incertidumbres – Método 1 – Suma y Resta

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

Donde U_{total} = el porcentaje de incertidumbre de las sumas de cantidades (la mitad del 95% intervalo de confianza dividido por el total y expresado como porcentaje

x_i = cantidades para combinar; puede ser un número positivo o negativo)

U_i = el porcentaje de incertidumbres asociados a cada uno de las cantidades

4.3. Factores de emisión y remoción por Degradación.

La principal fuente de error de los factores de emisión y remoción por degradación forestal está vinculada a la incertidumbre del modelo de regresión que permite estimar la biomasa aérea en función de la cobertura del dosel (ver Tabla 26). Se calculó la desviación estándar de 1,000 iteraciones de estimación del cambio promedio en AGB (pérdida y ganancia) utilizando el error medio cuadrático (RMS) del modelo ajustado, truncando la aleatorización al intervalo [0, valor AGB máximo]. El error de estimación de los factores de cambio para los diferentes tipos de bosque va desde 94% hasta 175% (ver Tabla 16).

Tabla 26: Parámetros de los modelos de estimación de la biomasa aérea en función de la cobertura del dosel ajustados para los principales tipos de bosque de República Dominicana.

Forest type	Coefficient (tCO ₂ /ha)	intercept (tCO ₂ /ha)	MSE	RMS	AGB max (tCO ₂ /ha)
Broadleaf forest	74.024	61.858	76.10	365.81	74.024
Dry forest	58.102	35.026	35.64	169.27	58.102
Pine	92.19	82.322	57.50	283.15	92.19

4.4. Factores de Remoción.

En ambos inventarios (NFI e ISNB) no se estiman tasas de crecimiento de biomasa para bosques secundarios ni cultivos arbolados. En ausencia de estudios para República Dominicana y asumiendo que, durante la implementación del Programa de RE, la mayor parte de la ampliación de cultivos arbolados, corresponderá a Cultivos SAF-Cacao, se asume la tasa de remoción de carbono de cultivos arbolados estimada por Somarribas et al (2013). Los autores estiman la tasa de acumulación de carbono en sistemas agroforestales de Cacao en América Central. Las tasas de acumulación de carbono estimados por Somarribas et al (2013) para cultivos SAF-cacao, no están validados para República Dominicana.

La tasa de remoción de carbono en AGB de bosques secundarios latifoliados, bosques secos y bosques de pino se obtiene de Sherman et al (2012). Los autores estiman el crecimiento neto de AGB para bosques latifoliados, bosques secos y de pino en República Dominicana. El estudio de Sherman et al (2012) puede subestimar la tasa de acumulación de carbono. Este estudio se restringe a la gradiente altitudinal propensa a las perturbaciones frecuentes (incendios, vientos, inundaciones y deslizamientos) ubicada en un bosque tropical montano con AGB relativamente baja, en la Cordillera Central de República Dominicana.

4.5. Cuantificación de la incertidumbre del Nivel de Referencia.

La combinación de las fuentes de error de los datos de actividad y los factores de emisión y remoción, se realizó mediante la simulación de Monte Carlo, utilizando la herramienta de propagación de XLSTAT. La estimación de la incertidumbre se cuantificó a partir de los intervalos de confianza obtenido de 10,000 simulaciones.

4.5.1. Emisiones por Deforestación:

Para realizar la simulación y cuantificar las emisiones totales debidas a la pérdida de bosques, así como la incertidumbre asociada, se utiliza la información consignada en las Tablas 20 y 21, y el modelo descrito en la Ecuación 16. La incertidumbre de los factores de emisión se estima mediante el enfoque 1 de combinación de incertidumbres para multiplicaciones, suma y substracción (Ecuación 3.1 y 3.2, Vol. 1, IPCC 2006).

Se asumió una distribución normal para los factores de emisión (de AGB+BGB+MM+H y de COS) en la estimación de la incertidumbre de las emisiones por deforestación; la incertidumbre asociada con las mediciones, los parámetros y las ecuaciones alométricas de la biomasa no se tomaron en cuenta en la estimación del error por el método de Montecarlo. De acuerdo con el análisis de Montecarlo, se estima una incertidumbre de **22%** para el NR de Deforestación (Tabla 27). La memoria de cálculo de la incertidumbre del NR de Deforestación puede accederse en el siguiente vínculo: <https://app.box.com/s/uonthhdqb2mp8l06mqtzpqcgghlrqao>

Tabla 27: Emisiones anuales por deforestación y su respectiva incertidumbre.

Actividad REDD	Emisiones (t CO _{2-e} *año ⁻¹)	Desviación estándar (t CO _{2-e} * año ⁻¹)	Percentil 5% (t CO _{2-e} * año ⁻¹)	Percentil 95% (t CO _{2-e} * año ⁻¹)	Error (90%)
Deforestación	4,449,565	604,165	4,245,727	6,222,394	22%

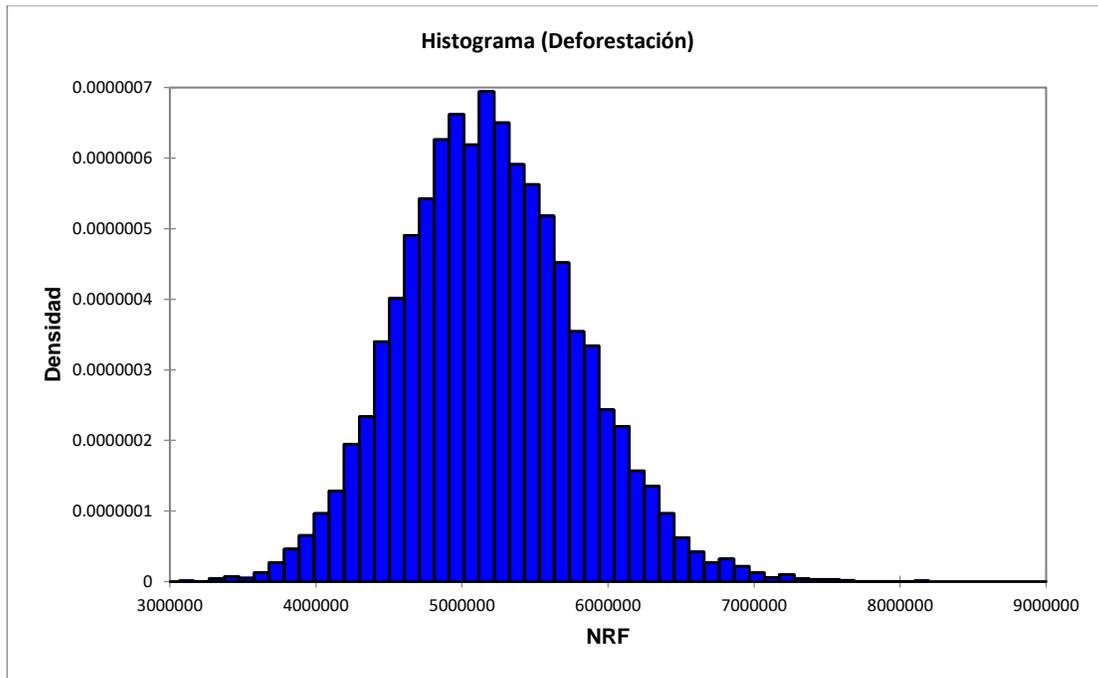


Figura 11: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Montecarlo para la estimación de la incertidumbre de la estimación de emisiones por deforestación.

4.5.2. Aumento de existencias de carbono forestal en tierras convertidas en tierras forestales

Para realizar la simulación y cuantificar las remociones totales en tierras convertidas en tierras forestales, así como la incertidumbre asociada, se utiliza la información consignada en las Tablas 28 y 29 y el modelo de la Ecuación 17. De acuerdo con el análisis de Montecarlo, se estima una incertidumbre de **43%** para el NR de Remociones forestales (Tabla 30). La memoria de cálculo de la incertidumbre del NR de Remociones puede accederse en el siguiente vínculo:

<https://app.box.com/s/kcnie69o0cxzn4rwmlogsmlicfi7h5g2>

Tabla 28: Área de regeneración y error de la estimación

Categoría de cambio de uso del suelo	Área (ha)	Error estándar (ha) (90%)
17 Veg Leñosa a B Sec Latifoliado	128,436.51	16,934.84
18 Veg Leñosa a B Sec Seco	94,033.88	14,543.87
19 Veg Leñosa a Reg Coníferas	36,696.15	9,140.93
29 Veg leñosa a Cultivo arbolado	4,587.02	3,242.73
20 Veg No Leñosa a B Sec Latifoliado	142,197.57	17,792.59
21 Veg No Leñosa a B Sec Seco	32,109.13	8,554.69
22 Veg No Leñosa a Reg Coníferas	20,641.58	6,867.30
23 Veg No Leñosa a C Arbolado	20,641.58	6,867.30

Tabla 29: Factores de remoción y error estándar asociado

LULC	Mean t C*ha ⁻¹ *año ⁻¹	Standard Error
Tree shaded crops	2.60	2.4
Broadleaf forest	2.64	1.38
Dry forest	2.64	1.38
Pine	1.24	0.21

Tabla 30: Remociones anuales por acumulación de carbono y su respectiva incertidumbre, en tierras convertidas en tierras forestales.

Actividad REDD	Emisiones (t CO _{2-e} *año ⁻¹)	Desviación estándar (t CO _{2-e} * año ⁻¹)	Percentil 5% (t CO _{2-e} * año ⁻¹)	Percentil 95% (t CO _{2-e} * año ⁻¹)	Error (90%)
Aumento de existencias de carbono forestal	-2,088,453	546,926	-3,136,633	-1,326,835	43%

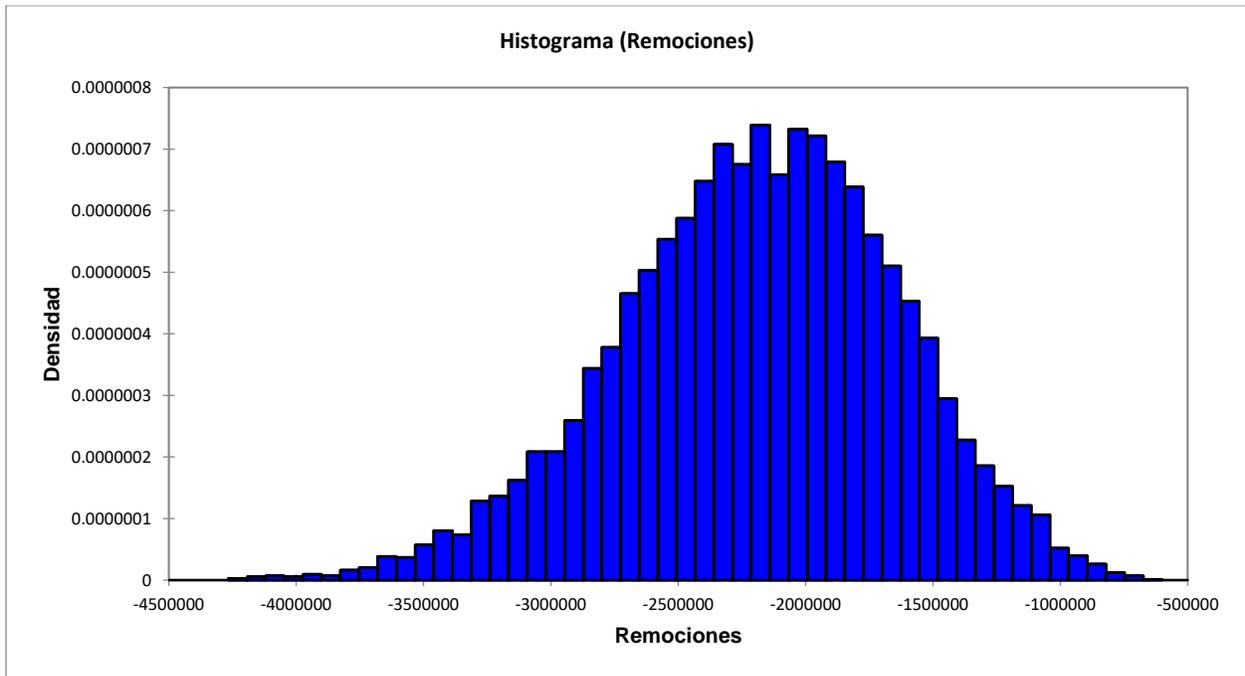


Figura 12: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de la incertidumbre del Nivel de Referencia de remociones forestales en tierras convertidas en tierras forestales

4.5.3. Emisiones por degradación forestal y aumento de existencias de carbono forestal en tierras que permanecen como bosques.

Para realizar la simulación y cuantificar las emisiones y remociones totales en tierras que permanecen como bosque, así como la incertidumbre asociada, se utiliza la información consignada en las Tablas 13, 16 y 31, y los modelos descritos en las Ecuaciones 21 y 22. Según el análisis de Montecarlo, la incertidumbre se estimó en **64%** para las emisiones anuales debido a la degradación y **117%** para las remociones anuales de la recuperación forestal (Tabla 32)

La memoria de cálculo de la incertidumbre de las emisiones por degradación puede accederse en el siguiente vínculo:

<https://app.box.com/s/fm7bq6d45gd8cnmgxnop3431erg95dqj>

La memoria de cálculo de la incertidumbre para remociones totales en tierras que permanecen como bosque se puede acceder en el siguiente vínculo:

<https://app.box.com/s/9e9m6ss1oum9v17gis5y2fcdrrz659i1>

Tabla 31: Área de cambio en cobertura de copas y su respectiva incertidumbre, en tierras que permanecen como bosque

Clase de cambio en cobertura de copas	Área (ha)	Error Estándar (ha)
Mejora de la cobertura de copas en boques latifoliados	334,852.34	22,382
Mejora de la cobertura de copas en boques secos	75,685.80	11,696

Mejora de la cobertura de copas en boques de pino	96,327.39	12,670
Pérdida de cobertura de copas en bosques latifoliados	192,654.77	18,812
Pérdida de cobertura de copas en bosques secos	50,457.20	9,981
Pérdida de cobertura de copas en bosques de pino	64,218.26	10,990
Datos de actividad de cultivo arbolado a bosque latifoliado	13,761	5,611
Datos de actividad de bosque latifoliado a cultivo arbolado	4,587	3,243

Ecuación 21 Emisiones por degradación forestal en bosques naturales y cultivos arbolados.

$$E_{deg} = E_{degbn} + E_{degts}$$

E_{degbn} : Emisiones por degradación forestal en los bosques naturales.

E_{degts} : Emisiones por degradación forestal en conversiones de bosque a cultivos arbolados

Ecuación 22 Remociones por mejora de carbono forestal en bosques naturales y cultivos arbolados

$$E_{gan} = E_{ganbn} + E_{gants}$$

E_{ganbn} : Mejora del carbono forestal en los bosques naturales

E_{gants} : Mejora del carbono forestal en conversiones de cultivos arbolados a bosque natural.

Tabla 32: Emisiones y remociones anuales por degradación y recuperación de cobertura de dosel, y su respectiva incertidumbre, en tierras que permanecen como bosque.

Actividad REDD	Emisiones (t CO ₂ -e* año ⁻¹)	Desviación estándar (t CO ₂ -e* año ⁻¹)	Percentil 5% (t CO ₂ -e* año ⁻¹)	Percentil 95% (t CO ₂ -e* año ⁻¹)	Error (90%)
Emisiones por degradación forestal	914,433	353,764	580,432	1,746,000	64%
Aumento de existencias de carbono	-1,075,051	776,768	-3,172,768	-653,098	117%

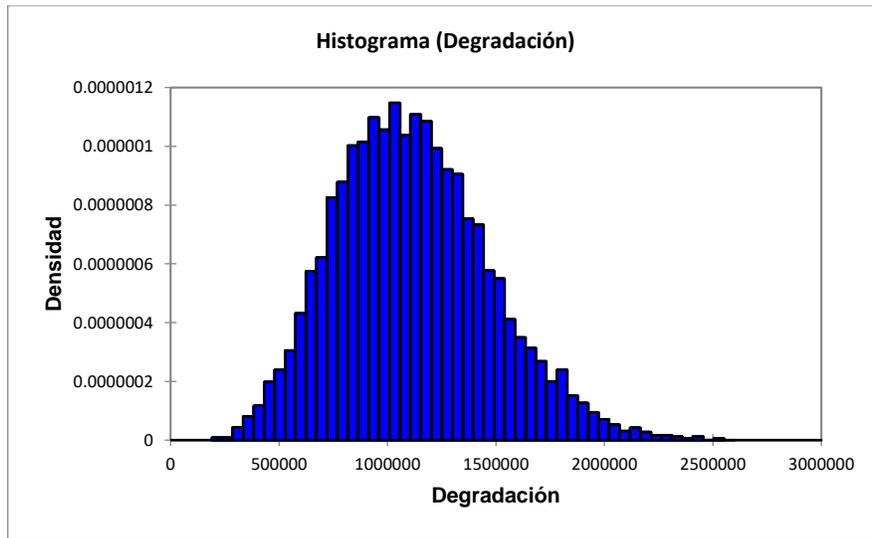


Figura 13: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de las emisiones por degradación forestal.

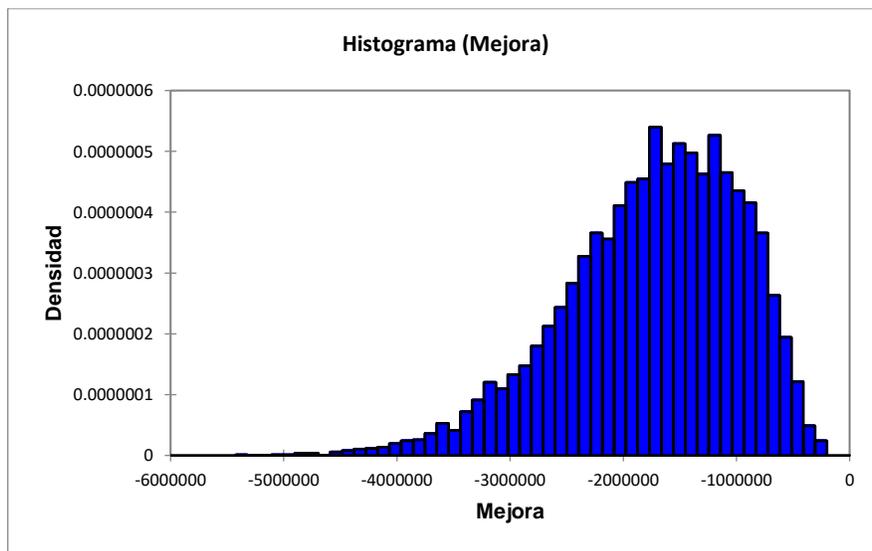


Figura 14: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de la incertidumbre del aumento de existencias de carbono forestal en tierras que permanecen como bosques.

4.5.4 Nivel de Referencia:

La combinación de las incertidumbres de todos los niveles de referencia se obtiene mediante el modelo Ecuación 23. De acuerdo con el análisis de Montecarlo, para el NRF se estima una incertidumbre global del **89%** (Tabla 33). Este análisis considera un total de 90 variables (distribuciones), de las cuales 10 contribuyen con el 50% de la variabilidad de los resultados (Tabla 34). La memoria de cálculo de la incertidumbre el NREF/NRF se puede obtener en el siguiente vínculo:

<https://app.box.com/s/1uznx65f10ys4r5ld3bi2djqidf6l5y>

Ecuación 23. Combinación de las incertidumbres

$$NRF = E_D + E_{deg} + E_e + E_{gan}$$

Tabla 33: Nivel de Referencia de Emisiones Forestales con su respectiva incertidumbre

	Emisiones (t CO _{2-e} *año ⁻¹)	Desviación estándar (t CO _{2-e} * año ⁻¹)	Percentil 5% (t CO _{2-e} * año ⁻¹)	Percentil 95% (t CO _{2-e} * año ⁻¹)	Error (90%)
Nivel de referencia Forestal	2,200,494	1,189,173	378,790	4,282,969	89%

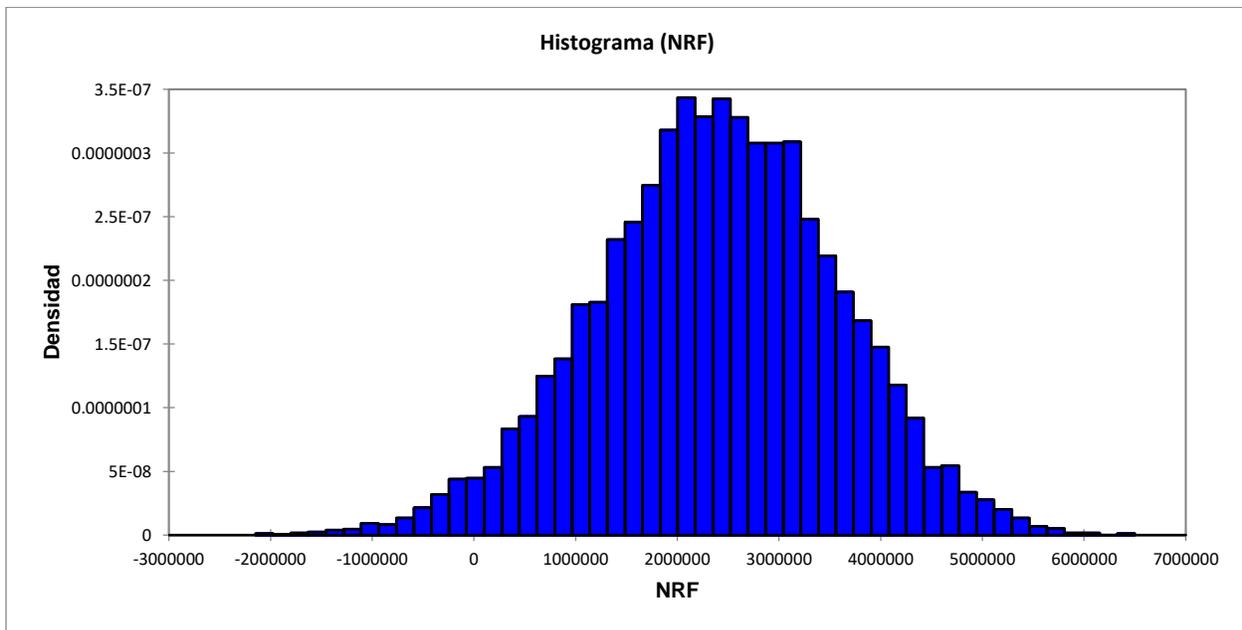


Figura 15: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de la incertidumbre del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

Tabla 34: Resultados del análisis de sensibilidad.

Distribuciones	Correlación	Contribución	Contribución (Absoluto)
FE Mejora Coníferas 05-15	-0.029	-10.61%	10.61%
FE-VOL-Coníferas a Veg leñosa	-0.024	-6.83%	6.83%
FE-SAN-C arbolado a Veg No leñosa	0.021	5.47%	5.47%
FE-HAC-B seco a Veg No Leñosa	-0.020	-4.90%	4.90%
AD-19 Veg Leñosa a Coníferas	-0.019	-4.25%	4.25%
DA-HAC-C arbolado a Veg No leñosa	0.019	4.22%	4.22%
FR-17 Veg Leñosa a B Sec Latifoliado	0.018	4.07%	4.07%
DA-ORG-B latifoliado a Veg No leñosa	0.017	3.68%	3.68%
DA-LAC-Coníferas a Veg leñosa	0.016	2.97%	2.97%
DA-SAN-Coníferas a Veg No Leñosa	-0.015	-2.82%	2.82%
AD-29 Veg leñosa a Cultivo arbolado	0.014	2.44%	2.44%
Otras distribuciones			50.19%

V. Consistencia con el INGEI

El gobierno de la República Dominicana ha presentado el INGEI con AFOLU en la 3ª Comunicación Nacional ante UNFCCC (GoRD, 2018) y en la propuesta de fBUR (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019).

De acuerdo con la Tercera Comunicación Nacional de República Dominicana para la UNFCCC, en el sector AFOLU se consideran para el sector Uso de Suelo y Cambio de Uso de Suelo (USCUS) las emisiones/remociones de gases de efecto invernadero procedentes de las 2 categorías siguientes: tierras forestales que se mantiene como tierras forestales (emisiones/remociones por cambios en la superficie forestal y FE relacionada); y quema de biomasa en tierras forestales (incendios). Para ambas categorías se utilizaron factores de emisión por defecto, proporcionados por IPCC (TIER 1). No se incluyen emisiones/remociones derivados de los cambios de tierras forestales a otros usos (deforestación) y viceversa (reforestación), por lo que los resultados de los procedimientos utilizados en el NREF/NRF e INGEI no son comparables.

Las Tierras Forestales incluyen todas las tierras con vegetación maderera con los umbrales utilizados para definir las tierras forestales. El INGEI considera las emisiones y las absorciones debido a los cambios en la biomasa, la materia orgánica muerta y en el carbono orgánico del suelo en tierras forestales. Para calcular el incremento anual del carbono en la biomasa aérea (tC año⁻¹), se utiliza el área forestal en hectárea (ha) multiplicado por los factores de emisión que presenta las directrices del IPCC 2006, correspondiente a cada tipo de bosque y la vegetación que este contenga. Se estima el incremento anual de la existencia del carbono en la biomasa, proveniente de las tierras forestales para Bosque tropical húmedo, Sistemas Montañosos y Bosque Seco. En cuanto a las emisiones forestales, solamente se consideran las emisiones

procedentes de la quema de biomasa en tierras forestales. Por ende, las estimaciones de remociones de CO₂ en tierras forestales que se mantiene como tierras forestales en el INGEI y fBUR son muy altas, ya que en las estimaciones se consideran que todas las tierras forestales absorben una cantidad de CO₂ por defecto (TIER 1), sin tomar en cuenta posibles emisiones por extracción de leña, madera e impactos de la ganadería extensiva.

La metodología y datos utilizados en el NREF/NRF (este informe) coinciden completamente con la propuesta del ER sometido ante el Banco Mundial. Aún existen grandes diferencias en metodología y datos utilizados entre el NREF/NRF y las estimaciones de emisiones/remociones presentadas en la Tercera Comunicación ante la UNFCCC (GoRD, 2018) y la propuesta de Primer Informe Bienal de Actualización (fBUR, MARN, Nov 2019), en las cuales se reportan las emisiones/remociones de tierras forestales con un TIER 1 (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018) El desarrollo del fBUR aún no contempla la inclusión de la metodología y datos utilizados para el Escenario de Referencia del Programa de Reducción de Emisiones. Para garantizar consistencia entre el ER del Programa RE y los reportes de las actualizaciones del INGEI, los datos de actividad y factores de emisión utilizados en el ER serán aplicados en el INGEI y fBUR de forma consistente, aunque el proceso de armonización de metodologías requiere de la aprobación política para proceder con la transición metodológica y uso de datos.

Finalmente, con este documento el Gobierno está presentando el NREF/NRF ante la CMNUCC para su consideración. Para garantizar la consistencia entre el ER del Programa ER y el NREF/NRF, este último está elaborado en base a la información presentada en el ER-PD.

VI. Mejoría gradual de NREF/NRF

Se utilizará un enfoque gradual para mejorar el nivel de referencia para el período 2006-2015. Todas las mejoras se presentarán tres meses antes del final del primer período de informe del PRE, con el fin de permitir la evaluación de la metodología mejorada por un experto internacional independiente reconocido (tres meses antes del final de 2021). Estas mejoras serán incorporadas paulatinamente en el NREF/NRF. Las mejoras técnicas se aplicarán también para ajustar las estimaciones de RE.

Ninguna de las mejoras implica un cambio en las políticas y diseño del nivel de referencia, tales como la selección de los depósitos y gases de carbono seleccionados, las fuentes de GEI seleccionadas, el período de referencia seleccionado, la definición de bosque, las actividades de REDD + seleccionadas, las áreas contables seleccionadas, los tipos y definiciones de bosque identificados y definiciones de actividades REDD + (deforestación, degradación, etc.).

Las mejoras de los datos históricos sobre cambio de uso de suelo contemplan el aumento de la intensidad de muestreo de puntos de evaluación visual multitemporales ampliando la malla sistemática; esto debido a la facilidad del manejo de datos y a que los resultados que se obtienen son más adecuados para manejar e interpretar.

Referencias

- Addinsoft, XLSTAT. (2017). *Data Analysis and Statistical Solution form Microsoft Excel*. Paris, France: Addinsoft.
- Andrade, H. J., Segura, M., Somarriba, E., & Villalobos, M. (2008). *Valoración biofísica y financiera de la fijación de carbono por uso del suelo en fincas cacaoteras de Talamanca, Costa Rica*. Costa Rica.
- ArcGis. (Marzo de 2015). *Zonas de vida según Holdridge para Centroamérica y República Dominicana*. Obtenido de <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=a4fa49bf75bc48bd8e73d3f2af3f815a>
- Ares, A., Boniche, J., Quesada, J., Yost, R., Molina, E., & Smyth, T. (2002). Estimación de biomasa por métodos alométricos, nutrientes y carbono en plantaciones de palmito en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, (26): 19-30.
- Arreaga, W. (2002). Almacenamiento de carbono en bosques con manejo forestal sostenible en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Escuela de Postgrado. Tesis, 73*.
- Brown, S. (1996). *A Primer for Estimating Biomass and Biomass Change in Tropical Forests*. S. Brown 200 SW 35th St Corvallis, Oregon 97333, USA: FAO.
- Cairns, M. A., Brown, S., Helmer, E. H., & Braumgardner, G. A. (1997). Root Biomass Allocation in the World's Upland Forests. *Oecologia*, 111(1), 1-11. Obtenido de <http://doi.org/10.1007/s004420050201>
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B., & Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10), 3177-3190. Obtenido de <http://doi.org/10.1111/gcb.12629>
- Dirección de Información Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). República Dominicana .
- FAO. (2016). Map Accuracy Assessment and Area Estimation Map Accuracy Assessment and Area Estimation: *A Practical Guide*, (46), 69. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i5601e.pdf>.
- Forest Carbon Partnership Facility (FCPF). (2015). *Module 2.3 Estimating emission factors for forest cover change (deforestation and forest degradation) REDD+ training materials by GOF-C-GOLD, Wageningen University, World Bank FCPF*. Obtenido de https://www.forestcarbonpartnership.org/system/files/documents/Module%202.3%20Lecture_08_05_15_final_0.pdf
- Global Forest Observations Initiative. (2016). *Integración de las observaciones por teledetección y terrestres para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en los bosques: Métodos y Orientación de la Iniciativa Mundial de Observación de los Bosques*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

- Insituto Cartográfico Militar de la República Dominicana. (2005). *Mapa Geográfico Administrativo*. Obtenido de <http://icm.mil.do/productos/mapa-geografico-administrativos/>
- IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. *Volumen 1: Orientación general y generación de informes*.
- IPCC. (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. *Volumen 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use*.
- Márquez, L. (2000). *Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso de suelo*. Guatemala: Fundación Solar.
- Ministerio de Economía Planificación y Desarrollo. (2012). Ley 1-12 Estrategia Nacional de Desarrollo 2030. Santo Domingo, República Dominicana.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (Marzo de 2012). *Atlas de Biodiversidad y Recursos Naturales de la República Dominicana*. Santo Domingo. Obtenido de <http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/ATLAS-2012.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). Inventario Nacional Forestal de la República Dominicana: Medir y evaluar los bosques para conocer su diversidad, composición, volumen y biomasa. *Manual de Campo. Unidad de Monitoreo Forestal*. República Dominicana: Proyecto Regional REDD/CCAD-GIZ.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017(a)). *Medio Ambiente en Cifras República Dominicana 2012-2016*. Santo Domingo República Dominicana.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017(b)). Evaluación del Contenido de Biomasa y Carbono en Sistemas de No bosque en la República Dominicana. *Manual de Campo. Unidad de Monitoreo Forestal Preparación REDD+*. República Dominicana.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Análisis de las Causas Directas e Indirectas (Drivers) de Deforestación y Degradación de los Bosques (DD) en República Dominicana y Propuestas de Alternativas de Uso Sostenible del Suelo que Disminuyen la DD y Aumentan los Reservorios de Carbono del Proye*. Santo Domingo.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Anexo 7: Resultado del taller participativo SAN FRANCISCO DE MACORIS*. Santo Domingo: Banco Mundial/Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). Elaboración del Inventario Nacional Forestal de la República Dominicana (INF-RD). *Informe Preliminar. Proyecto Preparación para REDD+*. República Dominicana.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019a). *Áreas Protegidas*. Obtenido de Áreas Protegidas de la República Dominicana: <https://ambiente.gob.do/areas-protegidas/>

- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019b). *Cuencas Hidrográficas*. Obtenido de <https://ambiente.gob.do/cuencas-hidrograficas/>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2018). *Tercera Comunicación Nacional de la República Dominicana ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Santo Domingo República Dominicana.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). *Primer Informe Bienal de Actualización de la República Dominicana ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, 42-57. Obtenido de <http://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
- Ovalles, P. (2018). *Elaboración de mapa de Uso y Cobertura del suelo 2015, Análisis de Cambios y Mapa de Deforestación en la República Dominicana. Proyecto Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+). Informe Final*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Peiró, M. (22 de Marzo de 2017). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo República Dominicana*. Obtenido de [do.undp.org: https://www.do.undp.org/content/dominican_republic/es/home/ourperspective/ourperspective/articles/2017/03/22/ecosistemas-forestales-recurso-clave-en-la-lucha-contr-el-cambio-climatico-mario-peir-.html](https://www.do.undp.org/content/dominican_republic/es/home/ourperspective/ourperspective/articles/2017/03/22/ecosistemas-forestales-recurso-clave-en-la-lucha-contr-el-cambio-climatico-mario-peir-.html)
- Portal de Datos Abiertos Gob RD. (2016). *Ecosistemas Costeros y Marinos, MIMARENA, 2016*. Obtenido de <http://datos.gob.do/dataset/ecosistemas-costeros-marino>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, P. (2015). *undp.org*. Obtenido de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-15-life-on-land.html>
- Segura, M., & Suárez, D. (2006). Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee grown together. *Agroforestry Systems*, 68(2): 143-150.
- Servicio Geológico Nacional de la República Dominicana. (2010). *Mapa Geológico de la República Dominicana*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Sherman, R. E., Fahey, T. J., Martin, P. H., & Battles, J. J. (2012). Patterns of growth, recruitment mortality and biomass across altitudinal gradient in a neotropical montane forest, Dominican Republic. *Journal of Tropical Ecology*, 28(5), 483-495. Obtenido de <http://doi.org/10.1017/S0266467412000478>
- Sherman, R. E., Fahey, T. J., Martin, P. H., & Battles, J. J. (2012). Patterns of growth, recruitment, mortality and biomass across an altitudinal gradient in a neotropical montane forest, Dominican Republic.

Journal of Tropical Ecology, págs. 28(5), 483-495. Obtenido de <http://doi.org/10.1017/S0266467412000478>

Somarribas, E., Cerda, R., Orozco, L., Cifuentes, M., Dávila, H., Espina, T., . . . D., O. (2013). Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 173, 46-57.