



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

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

Santo Domingo República Dominicana

Diciembre de 2019

Nivel de Referencia de Emisiones Forestales / Nivel de Referencia Forestal de la República Dominicana. *Documento Preliminar*
Diciembre 2019

Autoridades Nacionales:

Ángel Estévez Bourdier, *Ministro de Medio Ambiente*
Pedro García, *Director de Cambio de Cambio Climático*

Autores:

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

Equipo REDD+ RD: Ramón Ovidio.

Equipo Banco Mundial: German Obando Vargas, Bernardus de Jong

Editores: Lisandra Rodríguez Vicente¹, Kenia Amarilis Feliz Sánchez¹, Mary Clara Galán Hirujo¹, Ramón Ovidio², German Obando Vargas, MSc.³, Bernardus de Jong³

¹*Dirección 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*

Índice de Contenido

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE ECUACIONES	6
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	8
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Presentación Oficial del nivel de Referencia de Emisiones Forestales	9
1.2. Circunstancias Nacionales.....	10
1.2.1 Aspectos geográficos	10
1.2.2 Sistema Nacional de Áreas Protegidas.....	15
1.2.3 Importancia de los recursos naturales y forestales en el desarrollo del país.....	16
1.2.4 Motores y causas de deforestación y degradación forestal	17
1.3. Políticas y Programas Pertinentes	19
1.3.1 Implementación de planes, programas y proyectos para detener la deforestación y degradación	19
II. CONSTRUCCIÓN DEL NIVEL DE REFERENCIA	23
2.1. Área de contabilidad	23
2.2. Período histórico de referencia	23
2.3. Actividades REDD+ incluidas.....	23
2.3.1. Definición de bosque	24
2.4. Depósitos de carbono y gases de efecto invernadero seleccionados	25
2.5. Datos de Actividad	27
2.5.1. Procedimientos de evaluación de calidad / control de calidad de los datos de actividad .	28
2.5.2. Estimación de áreas de cambio de cobertura.....	29
2.6. Factores de emisión y remoción	39
2.6.1. Densidades de carbono para categorías forestales y no forestales	39
2.6.2. Factores de emisión y remoción por degradación forestal:	40
2.6.3. Factores de Remoción.....	40
III. CÁLCULO DE LAS EMISIONES HISTÓRICAS ANUALES PROMEDIO DURANTE EL PERÍODO DE REFERENCIA.	48
3.1. Emisiones por deforestación.	48
3.2. Aumento de existencias de carbono forestal en tierras convertidas en tierras forestales.....	50
3.3. Emisiones por degradación forestal y aumento de existencias de carbono forestal en bosques que permanecen como bosques.....	51

3.4.	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales	53
IV.	ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE	54
4.1.	Datos de Actividad.	54
4.2.	Factores de Emisión por Deforestación.	56
4.3.	Factores de emisión y remoción por Degradación.	57
4.4.	Factores de Remoción.....	57
4.5.	Cuantificación de la incertidumbre del Nivel de Referencia.....	58
4.5.1.	Emisiones por Deforestación:	58
4.5.2.	Aumento de existencias de carbono forestal en tierras convertidas en tierras forestales	61
4.5.3.	Emisiones por degradación forestal y aumento de existencias de carbono forestal en tierras que permanecen como bosques.	63
4.5.4.	Nivel de Referencia del Programa ER (NREF):.....	66
V.	CONSISTENCIA CON EL INGEI	68
VI.	MEJORÍA GRADUAL DE NREF/NRF	69
6.1.	Mejoras en datos de actividad.....	70
6.1.1.	Validación de los mapas entregados por Terrapulse.....	70
	REFERENCIAS	75

Índice de Figuras

Figura 1:	Mapa Geográfico Administrativo de la República Dominicana	11
Figura 2:	Otros usos y coberturas del suelo	12
Figura 3:	Mapa de Uso y Cobertura Vegetal de la República Dominicana	13
Figura 4:	Flujo de trabajo para la estimación de datos de actividad y su correspondiente incertidumbre	30
Figura 5:	Mapa de cambio de uso y cobertura de la tierra 2005-2015 de República Dominicana.	31
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.....	43
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).	44
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.....	46
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.	47

Figura 10: Consistencia en la evaluación del cambio de uso del suelo entre intérpretes. Fuente: Datos de Referencia.	56
Figura 11: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Montecarlo para la estimación de la incertidumbre de la estimación de emisiones por deforestación.	61
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	63
Figura 13: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de las emisiones por degradación forestal.	66
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.	66
Figura 15: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de la incertidumbre del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales	67
Figura 16: Mapa que muestra la distribución de los puntos de muestreo y su clase de cambio, que se utilizará para validar los mapas de cambio de Terrapulse 2006-2015.	71
Figura 17: La biomasa aérea en cada tipo de bosque, separada en bosque intacto (INT), degradado (DEGR), muy degradado (MUY DEGR) y secundario (SEC). B lat = bosque de hoja ancha, incluyendo manglar; B seco = bosque seco; B con = bosque de coníferas; Cult arbol = Cultivo de árboles.	75

Índice de Tablas

Tabla 1 Superficie por tipo de bosque en la República Dominicana.	13
Tabla 2 Humedales naturales y artificiales, año 2014.	15
Tabla 3 Sistema Nacional de Áreas Protegidas de la República Dominicana por Categoría y Subcategoría de Manejo	15
Tabla 4: Depósitos de carbono incluidos en el NREF/NRF de República Dominicana.	25
Tabla 5: Gases de efecto invernadero incluidos en el NREF/NRF de República Dominicana.	26
Tabla 6: Categorías de uso consideradas en la clasificación de uso y cobertura de la tierra.	32
Tabla 7: Matriz de cambio de uso del suelo utilizada para calcular el Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de la República Dominicana.	34
Tabla 8: Categorías de cambio consideradas para el cálculo del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de República Dominicana	35
Tabla 9: Matriz de cambio de uso para el periodo 2006-2015 obtenido a partir de los mapas de uso y cobertura (Área en Hectáreas)	36
Tabla 10: Matriz de cambio de uso para el periodo 2006-2015 obtenido a partir de los datos de referencia.....	36
Tabla 11: Área de cambio de uso y cobertura de la tierra para el periodo 2006-2015 en República Dominicana	37
Tabla 12: Biomasa aérea y subterránea, materia muerta y hojarasca para categorías forestales y no forestales	41
Tabla 13: Carbono orgánico del suelo para categorías forestales y no forestales	41
Tabla 14: Factor de remoción para bosque secundario y cultivos arbolados	41
Tabla 15: Factores de cambio de biomasa debido a la degradación forestal.....	42

Tabla 16: 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.....	44
Tabla 17: Modelos alométricos utilizados para la estimación de la Biomasa arriba del suelo de los componentes registrados el en Inventario nacional forestal (NFI) e (ISNB).....	45
Tabla 18: Estimación del nivel de referencia de deforestación, periodo de referencia 2006-2015.....	49
Tabla 19: Estimación del nivel de referencia de aumento de existencias de carbono forestal.....	51
Tabla 20: Emisiones por degradación forestal y aumento de las existencias de carbono forestal en tierras que permanecen como bosque	52
Tabla 21: Nivel de referencia de emisiones forestales de República Dominicana.	53
Tabla 22: Resolución espacial y temporal de las imágenes utilizadas en la determinación del uso del suelo y la densidad de copas.	55
Tabla 23: 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.....	57
Tabla 24: Factores de emisión con su respectivo error utilizados en la estimación de emisiones por deforestación	59
Tabla 25: Área de conversión de bosque y error de la estimación.....	60
Tabla 26: Emisiones anuales por deforestación y su respectiva incertidumbre.....	60
Tabla 27: Área de regeneración y error de la estimación.....	62
Tabla 28: Factores de remoción y error estándar asociado	62
Tabla 29: Remociones anuales por acumulación de carbono y su respectiva incertidumbre, en tierras convertidas en tierras forestales.	62
Tabla 30: Pérdida y ganancia promedio de AGB y su respectiva incertidumbre, en tierras que permanecen como bosques.....	63
Tabla 31: Área de cambio en cobertura de copas y su respectiva incertidumbre, en tierras que permanecen como bosque	64
Tabla 32: Emisiones y remociones anuales por degradación y recuperación de cobertura de dosel, y su respectiva incertidumbre, en tierras que permanecen como bosque.	65
Tabla 33: Nivel de Referencia de Emisiones Forestales con su respectiva incertidumbre.....	67
Tabla 34: Resultados del análisis de sensibilidad.....	67

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Áreas de Cambio de Cobertura de Copas.....	29
Ecuación 2: Parcelas de Evaluación Visual de Cobertura en Tierras.....	29
Ecuación 3: Error Estándar del Área Estimada.....	30
Ecuación 4: Intervalo de Confianza.....	30
Ecuación 5:.....	30
Ecuación 6: $AGB = 0.0673 * GE * dap^2 * Ht^{0.976}$ (Chave, y otros, 2014).....	45
Ecuación 7: $lnAGB = -9.37673 + 2.30119ln(dap) + 0.30297ln(Ht)$ (Arreaga, 2002)	45
Ecuación 8: $lnAGB = 1.17 + 2.119 * ln(dap)$ (Brown, 1996) (Márquez, 2000).....	45
Ecuación 9:.....	45
Ecuación 10.....	45
Ecuación 11.....	46

Ecuación 12	46
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)	48
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).....	48
Ecuación 15. Factor de Emisión de Deforestación.....	49
Ecuación 16. Emisiones anuales de CO ₂ -e por Deforestación	49
Ecuación 17. Remociones Anuales de CO ₂ -e Derivadas del Crecimiento Secundario	50
Ecuación 18. Emisiones / Remociones Anuales de CO ₂ -e Derivadas de la Degradación o Mejora del Dosel en Bosques Naturales	52
Ecuación 19. Emisiones / remociones Anuales de CO ₂ -e Derivadas de las Transiciones de Cultivos arbolados a Bosque Natural.....	52
Ecuación 20. Combinación de Incertidumbres – Método 1 – Suma y Resta	58
Ecuación 21 Deforestation reference level.....	58
Ecuación 22. Reference level of forest carbon enhancement in lands converted to forest land	61
Ecuación 23 Reference level of forest degradation and forest carbon enhancement in natural forest....	64
Ecuación 24	64
Ecuación 25	65
Ecuación 26. Combinación de las incertidumbres de todos los niveles de referencia	67

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
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, el 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, que se incluyeron y excluyeron en el NREF/NRF;
- d) La definición de bosque utilizada al elaborar el NREF/NRF.

El Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de República Dominicana para el periodo **2006-2015** se estima en **6,534,106 ± 3,830,946 ton CO₂-e x año⁻¹**. El NREF/NRF 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**). Los depósitos de carbono incluidos son la biomasa aérea y subterránea, la hojarasca, madera muerta y la materia orgánica del suelo. El NREF/NRF no incluye el metano ni el óxido nítrico.

Las emisiones por **deforestación** constituyen la principal fuente de emisiones forestales. El promedio anual de emisiones de esta fuente es de **9, 075,025.00 ± 2,990,221 ton CO₂-e x año⁻¹**. 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 **567,240 ± 706,100 ton CO₂-e x año⁻¹**.

El aumento de existencias de carbono forestal incluye las remociones de carbono producidas en Tierras forestales que permanecen como tales y en Tierras convertidas en tierras forestales. La primera, 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 **-968,088 ± 1,634,810 ton CO₂-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 **-2,140,071 ± 1,567,388 ton CO₂-e x año⁻¹**.

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.

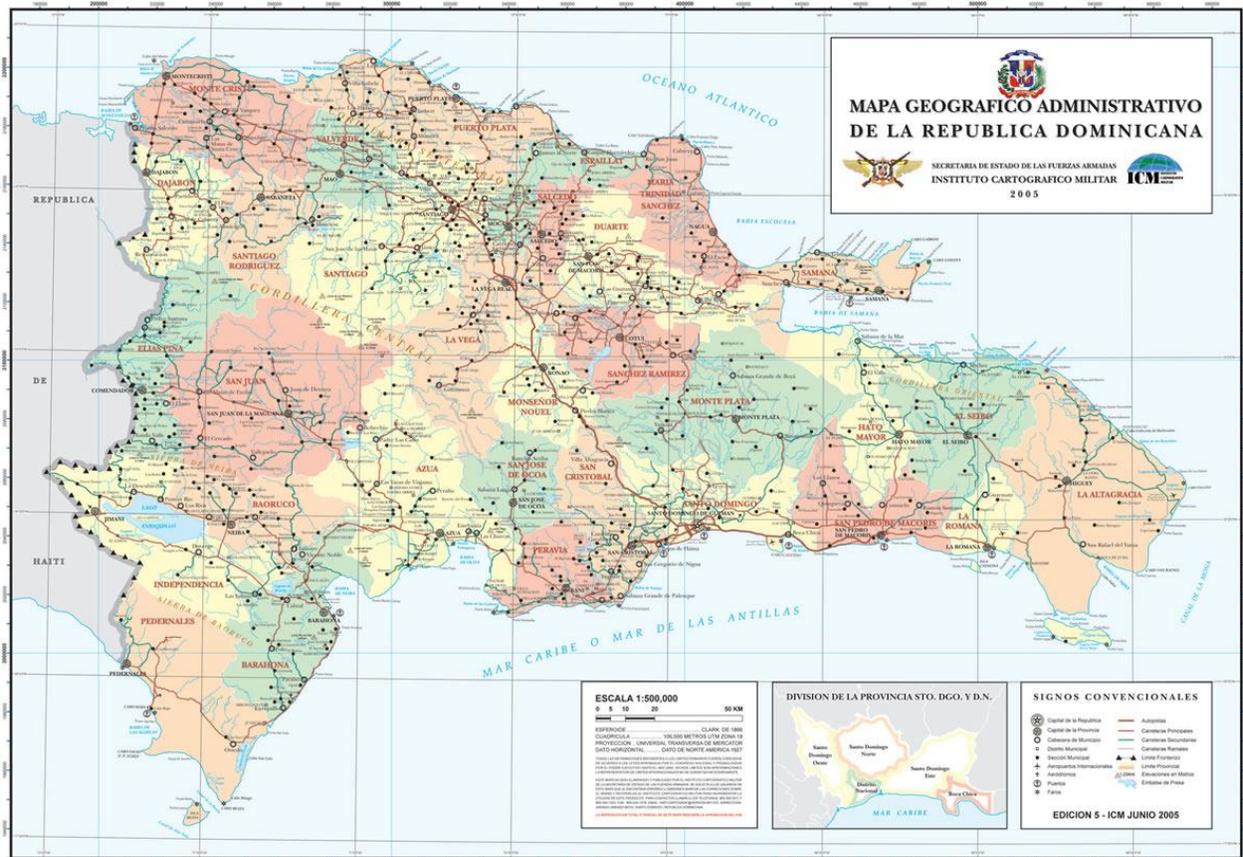
La República Dominicana cuenta con una cobertura forestal representada por bosque de pino, bosque latifoliado, bosque seco, manglares y bosque de humedales dulces. Las causas que están asociadas a actividades antropogénicas y que han provocado la pérdida, descomposición o disección de los bosques, como 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 de extinción. Estos bosques presentan un gran potencial para la reducción/absorción de emisiones de GEI, ya que tienen la capacidad de generar bienes ambientales que no están relacionados con el carbono, como equilibrar el balance hídrico, preservar los suelos, y conservar la biodiversidad entre otros impactos positivos a las agrupaciones que dependen directamente de estos ecosistemas.

1.2.1 Aspectos geográficos

La República Dominicana está situada en la parte Oriental de la isla La Hispaniola, ocupando dos tercios (2/3) de la isla, la cual comparte con la República de Haití. Forma parte del archipiélago de las Antillas Mayores y es la segunda en extensión territorial después de Cuba. Se localiza en el hemisferio norte y al sur del trópico de Cáncer. Sus coordenadas geográficas son: 17°86', 19°56' latitud norte y 68°19', 72°31' longitud oeste. La extensión territorial de la República Dominicana es de 48,156.94 km² (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

Sus límites son: al norte el océano Atlántico (586.00 km) que la separa de las islas Turcas y Caicos; al este el canal de La Mona que la separa de Puerto Rico; al sur el mar Caribe o de las Antillas (545.00 km); y, al oeste la República de Haití, con una frontera terrestre de 382.80 km.

Figura 1: Mapa Geográfico Administrativo de la República Dominicana



Fuente: (Insituto Cartográfico Militar de la República Dominicana, 2005)

La República Dominicana se caracteriza por ser un país montañoso, separado de sureste a noroeste por la Cordillera Central que termina en el punto más elevado de todas Las Antillas, el Pico Duarte (3,187.00 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 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 m en la República Dominicana, además de la Cordillera Oriental, cuyas alturas no sobrepasan los 800 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 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.), en la Cordillera Central.

Desde el punto de vista geodinámico, la Isla Española 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-ista. Su fisiografía aparece dominada por valles y alineaciones montañosas de dirección Noroeste-Sureste, denominadas de norte a sur: Cordillera Central, Cordillera Septentrional, Cordillera Orienta, 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.

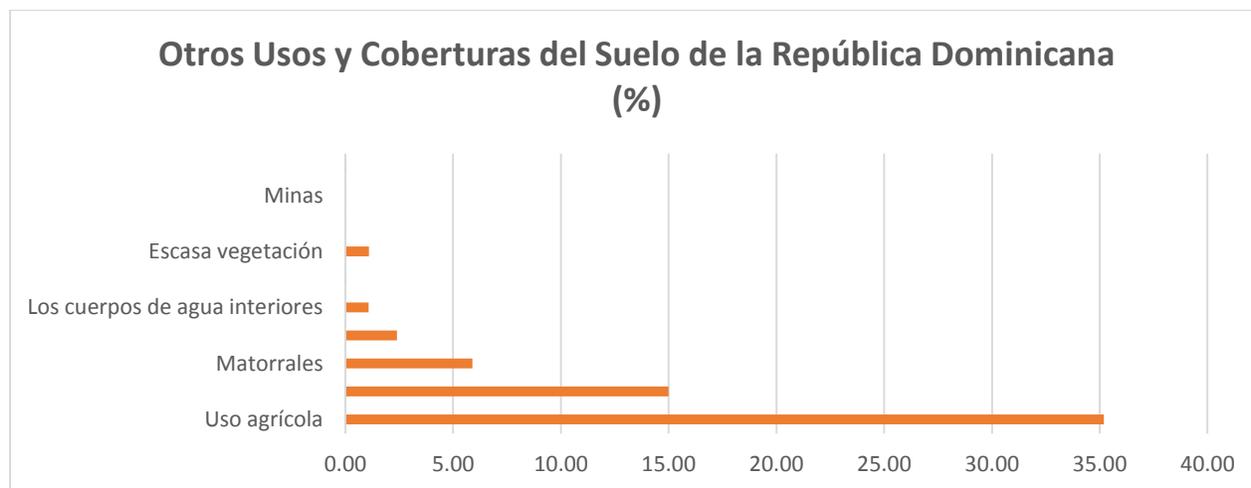
La Isla Hispaniola, ocupada por las Repúblicas Dominicana y de Haití, presenta un alto índice de endemismo y alta diversidad florística, debido a su condición de isla por el aislamiento de las áreas y por su complejidad fisiográfica. La vegetación es muy variada: bosque seco espinoso hasta el bosque 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))

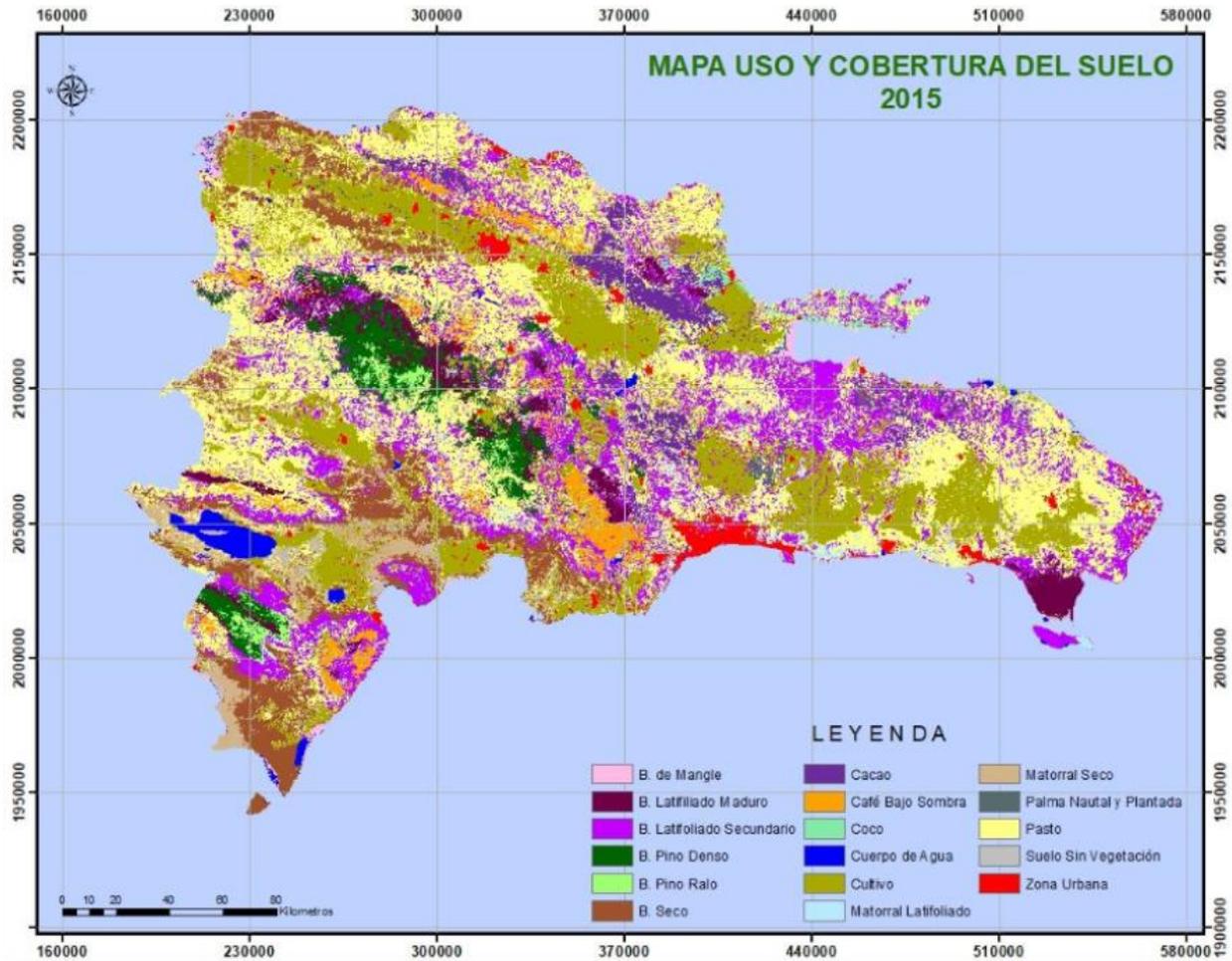
1.2.1.2 Ecosistemas

1.2.1.2.1 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 a 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 1 Superficie por tipo de bosque en la República Dominicana.

Tipo de bosque	Hectáreas	% cobertura forestal	% país
Bosque seco	505,930	24.05%	10.51%
Bosque conífero denso	202,284	9.62%	4.20%
Bosque conífero disperso	100,627	4.78%	2.09%
Bosque latifoliado semihúmedo	323,670	15.39%	6.72%
Bosque latifoliado húmedo	794,041	37.75%	16.49%
Bosque latifoliado nublado	147,502	7.01%	3.06%
Bosque de mangle y drago	29,592	1.41%	0.61%

Total bosques	2,103,645.32	100.01%	43.68%
Total país	4,815,694.42		

Nota. Datos sujetos a revisión para publicación final.

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

1.2.1.2.2 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

1.2.1.2.3 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 a 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 de nacional 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.

1.2.1.2.4 Humedales

La importancia de los humedales está en proteger el recurso agua, abarcando lagunas, ríos, estanques, aguas sub suelos, 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 2 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 3 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	2	1.33	256.27	257.60

Submarino				
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 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 a 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 conlleva 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 cuadro 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: Ingresamos 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 a 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 Bosques (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, Adapta 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 son:

1.3.1.1 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)

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 Proyecto Preparación para REDD+. Banco Mundial/ Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques. Santo Domingo, República Dominicana. 161 páginas.

1.3.1.2 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.

1.3.1.3 Programa Lucha Contra la Desertificación y Sequía

En el 2017, con asistencia técnica de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se dio inicio al programa multisectorial de apoyo al manejo de aguas y suelos frente a la amenaza del cambio climático, en el cual se implementan estrategias para aumentar la productividad de las tierras, la rehabilitación, conservación y uso sostenible de los recursos del suelo e hídricos.

Por medio a este programa se ha podido realizar la actualización del Plan Nacional de Lucha contra la Desertificación y Sequía 2018 – 2030, en formación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (iniciativa fomentada por Naciones Unidas, como seguimiento de la agenda de desarrollo y continuación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio) (Sánchez, 2019), el Plan Operativo para la instalación del Servicio Nacional de Conservación de Suelos y Aguas, y los planes de acción para la recuperación de las cuencas hidrográficas de Yaque del Norte y Ozama-Isabela, coordinadas por el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Agricultura con apoyo del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

1.3.1.4 Programa de Desarrollo Agroforestal

En el año 2017 se crea la Unidad Técnica Ejecutora De Proyectos De Desarrollo Agroforestal De La Presidencia, mediante Decreto No. 10-17, para coordinar y supervisar la implementación de los

Proyectos de reforestación y desarrollo sostenible aprobados por el Presidente de la República Dominicana. Esta unidad está integrada por: el Ministerio Administrativo de la Presidencia, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Ministerio de Agricultura (Medina, 2017).

Por medio a esta unidad ejecutora se inició el desarrollo de Programa de Desarrollo Forestal, con el objetivo de contribuir a la recuperación de los recursos naturales y el desarrollo sostenible en diferentes comunidades del país, por medio de la reforestación, la producción agrícola y agroforestal y el fortalecimiento de las capacidades locales.

Estos proyectos tienen una duración de 4 años (2017-2020) y la fuente de financiamiento para el componente forestal son provenientes del Presupuesto Nacional y los demás componentes de un Préstamo del BID.

1.3.1.5 Proyecto Binacional en la Cuenca del río Pedernales

En el marco del proyecto Cooperación Binacional en favor de las relaciones dominico – haitianas, que tiene como objetivo general reforzar los procesos de desarrollo sostenible y mutuamente beneficiosos para ambos países, a través del fomento de mejores relaciones y procesos de integración en áreas claves, la GIZ implementa el componente “Medio Ambiente, Cambio Climático y Reducción de Riesgos de Desastres”, a través del desarrollo del Proyecto Binacional en la Cuenca del río Pedernales, con apoyo técnico del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y en coordinación con el Ministerio de Agricultura y el Instituto Dominicano del Café (INDOCAFE), además del apoyo económico de la Unión Europea y el Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ).

El proyecto consta de cuatro resultados, estos son: 1) el marco operacional para el manejo sostenible de los paisajes productivos de montaña (PPM); 2) sistemas de producción compatibles con la conservación de ecosistemas de montaña amenazados y corredores; 3) los medios de vida sostenibles incorporando prácticas amigables con la biodiversidad. Este proyecto tiene una duración de 4 años (2019-2022) (Disla, 2019).

1.3.1.6. Proyecto Aumentar la Capacidad de Resiliencia Climática en la Provincia de San Cristóbal

Para el año 2019 el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en alianza con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) creó el proyecto Aumentar la Capacidad de Resiliencia Climática en la Provincia de San Cristóbal, con el objetivo de incorporar la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en las políticas y prácticas para amortiguar eficazmente las amenazas actuales y futuras en los paisajes productivos de montaña. Ese proyecto tendrá además el apoyo técnico del Instituto Dominicana de Desarrollo Integral (IDDI) y el Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA) y el apoyo económico del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF).

El proyecto tendrá una duración de 6 años y el mismo propone un enfoque de paisaje multifocal para hacer frente a las amenazas a la biodiversidad y a los servicios ecosistémicos, a través de la gestión integrada del paisaje para generar los múltiples beneficios ambientales necesarios en el debido mantenimiento del paisaje productivo multifuncional y rico en biodiversidad en la República Dominicana. Del mismo modo, prevé desarrollar capacidades nacionales para ampliar la cobertura y el alcance programático, así como el potencial de réplica en la adopción de modelos de producción y de medios de vida sostenibles, cuyo potencial es alto. Además, el proyecto contribuirá con las metas Aichi,

el Convenio sobre Biodiversidad Biológica, la Convención de las Naciones Unidas sobre la Lucha contra la desertificación y la Sequía, la Estrategia Nacional de Desarrollo y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, a la vez que incluye el enfoque de género y la sensibilidad generacional como temas transversales.

En otro sentido el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, bajo el marco del Plan Operativo de Proyectos 2020, implementará la Restauración de la Cuenca del río Ocoa y su costa, en la provincia San José de Ocoa. El mismo tendrá una duración de 4 años (2020-2024) y se hará con apoyo financiero del Sistema Nacional de Inversión Pública.

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 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 3 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 **9, 075,025.00 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 **567,240 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 **-968,088 ton CO₂-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 **-2,140,071 ton CO₂-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.

2.3.1. *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.

2.4. Depósitos de carbono y gases de efecto invernadero seleccionados

En las tablas 1 y 2 se indican los depósitos de carbono y gases de efecto invernadero incluidos en el nivel de referencia.

Tabla 4: 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.
--	--	---------------------------

Tabla 5: 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 ton CO ₂ e*año ⁻¹), según la Tercera Comunicación (las emisiones de CH ₄ y N ₂ O, se estiman en 381.61 ton CO ₂ e*año ⁻¹).
N₂O	No	

2.5. 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 3 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 a los niveles 1, 2 y 3 consignados en la Tabla 3. 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 4. A partir de esta matriz de transición se identifican 28 categorías de cambio de uso a considerar en el cálculo del NREF (Ver Tabla 5).

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 al Nivel 2 de la Tabla 3. 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 6. 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/ius6ih679rxxzjaf9b75w5hv7ip51rsm>

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.

2.5.1. *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 a 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 (1942 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 a 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-interpretes; 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

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/pdkqxqjxab12ygeo02sk5zzpj90cg3aq>

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.

De acuerdo a 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 8), están contenidas en el intervalo de confianza de las categorías de cambio (columna K en Tabla 8).

2.5.2. *Estimación de áreas de cambio de cobertura*

Las estimaciones de las áreas de cambio con su respectiva incertidumbre se consignan en la Tabla 8. 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 8 se realizan a partir de los datos de referencia obtenidos mediante muestreo sistemático. La precisión y las estimaciones de área y sus intervalos de confianza se estimaron utilizando la aplicación interactiva "Accuracy Assessment" desarrollada por Open Foris⁶ (FAO, 2016). La misma utiliza la fórmula para el muestreo aleatorio estratificado utilizando las categorías de cambio de uso del mapa como estratos, de acuerdo a Oloffson et al (2014).

En ausencia de estimación de áreas de cambio a partir de los datos de referencia, se utilizó el área calculada mediante la comparación cartográfica 2005-2015, para la transición de cultivo arbolado a vegetación leñosa (TS-Woody Veg.). Para esta transición se asume que el error, es el máximo estimado para las categorías de cambio en tierras forestales convertidas a no forestales.

La estimación de las áreas de cambio de cobertura de copas se calculan 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 a:

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

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

⁶ <https://github.com/openforis/accuracy-assessment>

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:

Ecuación 4: Intervalo de Confianza

$$\hat{A}_k \pm 2.3 S(\hat{A}_k),$$

Donde

Ecuación 5:

$$S(\hat{A}_k) = A \sqrt{\frac{\hat{p}_k(1-\hat{p}_k)}{(n-1)}}.$$

Figura 4: Flujo de trabajo para la estimación de datos de actividad y su correspondiente incertidumbre

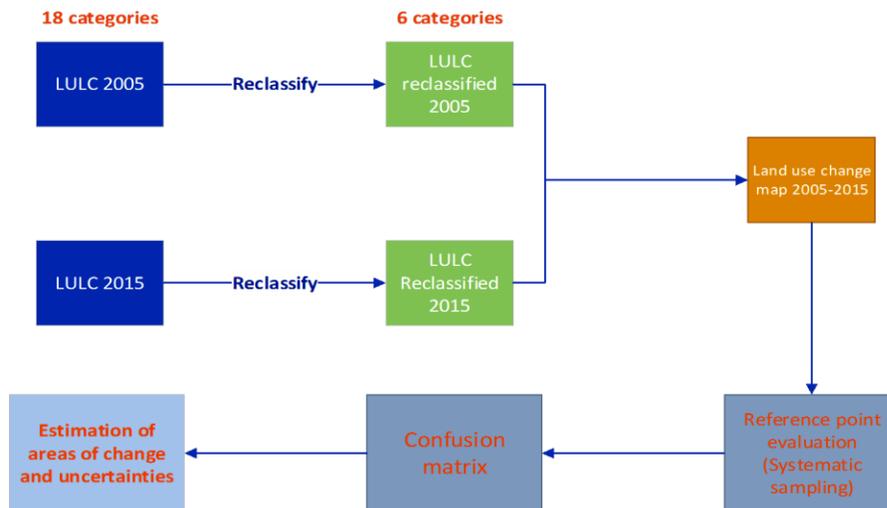


Figura 5: Mapa de cambio de uso y cobertura de la tierra 2005-2015 de República Dominicana.

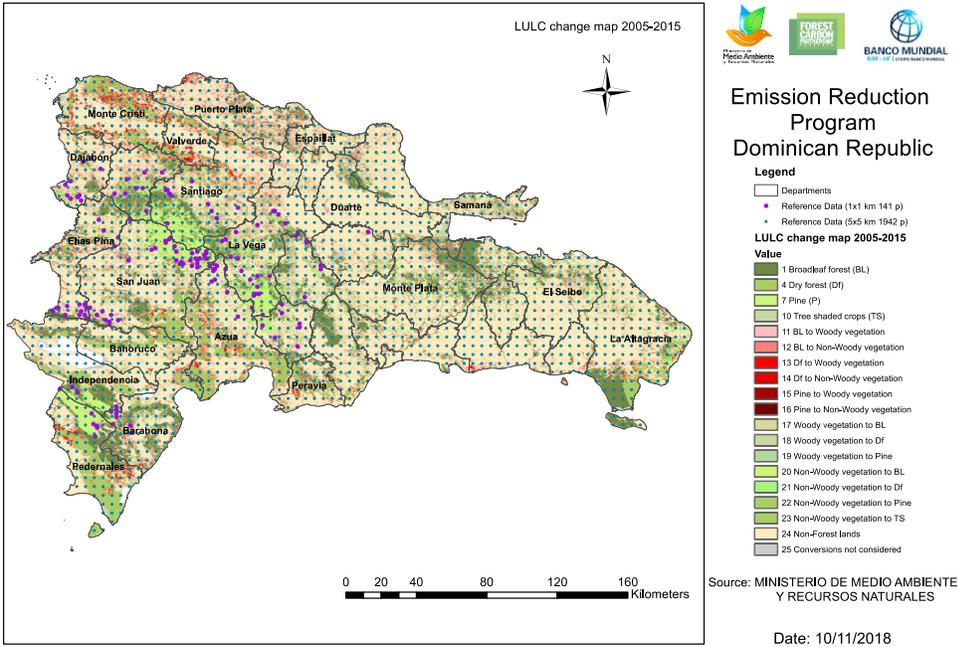


Tabla 6: Categorías de uso consideradas en la clasificación de uso y cobertura de la tierra.

Categorías de uso			Categorías de uso para inventarios GHG (IPCC) (IPCC, 2003)	Provincia de humedad (ArcGis, 2015)	Categoría mapas de uso 2005, 2010 y 2015 (Ovalles, 2018)	Categoría Inventario de Biomasa	Número de Parcelas ⁷ 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
	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
Tierras No Forestales	5. Vegetación Leñosa	Coco	Cropland	seco, húmedo y muy húmedo	Coco	Coco	15	
		Matorral latifoliado húmedo o pluvial			Matorral latifoliado	Matorral Latifoliado	Matorral Latifoliado	17
		Palma natural y plantada			Palma Natural y Plantada	Palma Natural y Plantada	No Incluido	0

⁷ 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) (IPCC, 2003)	Provincia de humedad (ArcGis, 2015)	Categoría mapas de uso 2005, 2010 y 2015 (Ovalles, 2018)	Categoría Inventario de Biomasa	Número de Parcelas ⁷ 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 7: 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								
	Non-Forest	4. Tree shaded crops		Transition to natural forest				E									
		5. Woody vegetation		Woody vegetation converted to 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 8: Categorías de cambio consideradas para el cálculo del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de República Dominicana

Categoría de transición IPCC	Código Transición n	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 9: 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 10: 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

Tabla 11: Área de cambio de uso y cobertura de la tierra para el periodo 2006-2015 en República Dominicana

IPCC Category	LULC		Num samples (A)	Producers accuracy (B)	Weighted producers accuracy (C)	Users Accuracy (D)	Map area (ha) (E)	Stratified systematic estimate (ha) -strRS (F)	Error estandar d (strRS) (G)	Error (ha) (relative 90% significance level) (H)	Error (%) (relative 90% significance level) (I)	Confidence interval (ha) (90% significance level) (J)	Does it contain the calculated area? (K)
Forest land remaining forest land	1	Broadleaf forest - BL	418	0.47	0.48	0.73	679,680	1,040,838	36,820	60,568	6%	980269 - 1101406	NO
	4	Dry Forest - DF	152	0.65	0.67	0.70	358,667	372,137	20,370	33,508	9%	338629 - 405645	SI
	7	Pine - P	151	0.36	0.53	0.63	222,507	263,706	20,430	33,608	13%	230098 - 297314	NO
	10	Tree shaded crops -TS	130	0.46	0.45	0.60	237,927	318,288	22,922	37,706	12%	280583 - 355994	NO
	26	TS to BL	6	0.00	0.00	0.00	26,196	16,776	7,128	11,725	70%	5051 - 28502	SI
	31	TS to DF	0				384			446	116%	-62 - 830	[1]
	32	TS to P	0				1,091			1,268	116%	-177 - 2359	[1]
	27	BL to TS	2	0.00	0.00	0.00	10,042	4,962	3,507	5,769	116%	-807 - 10731	SI
	33	BS to TS	0				197			229	116%	-32 - 425	[1]
	34	P to TS	0				326			379	116%	-53 - 704	[1]
Forest land converted to cropland/grassland (deforestation)	11	BL to Woody Veg.	18	0.06	0.04	0.04	51,539	41,634	10,063	16,553	40%	25080 - 58187	SI
	12	BL to Non-woody Veg.	40	0.15	0.19	0.09	194,617	88,892	14,762	24,283	27%	64609 - 113176	NO
	13	Df to Woody Veg.	9	0.11	0.08	0.05	37,367	22,158	7,407	12,184	55%	9974 - 34342	NO
	14	Df to Non-woody Veg.	8	0.00	0.00	0.00	69,043	19,893	7,015	11,539	58%	8353 - 31432	NO
	15	P to Woody Veg.	6	0.00	0.00	0.00	2,164	4,759	3,146	5,175	109%	-416 - 9934	SI
	16	P to Non-woody Veg.	11	0.73	0.09	0.07	12,063	8,730	4,604	7,574	87%	1156 - 16303	SI

IPCC Category	LULC		Num samples (A)	Producers accuracy (B)	Weighted producers accuracy (C)	Users Accuracy (D)	Map area (ha) (E)	Stratified systematic estimate (ha) -strRS (F)	Error estándar (strRS) (G)	Error (ha) (relative 90% significance level) (H)	Error (%) (relative 90% significance level) (I)	Confidence interval (ha) (90% significance level) (J)	Does it contain the calculated area? (K)
	30	TS to Woody Veg.	0				6,266			6,814	109%	-548 - 13080	[1]
	28	TS to Non-woody Veg.	10	0.00	0.00	0.00	36,917	24,115	7,633	12,556	52%	11559 - 36670	NO
Land converted to Forest land	17	Woody Veg. to BL	56	0.09	0.08	0.13	86,531	136,697	18,181	29,909	22%	106789 - 166606	NO
	18	Woody Veg. to Df	41	0.10	0.06	0.36	15,497	98,969	14,927	24,555	25%	74414 - 123524	NO
	19	Woody Veg. to Pine	16	0.00	0.00	0.00	1,476	23,605	7,628	12,548	53%	11057 - 36153	NO
	29	Woody Veg. to TS	2	0.00	0.00	0.00	5,019	5,261	3,726	6,130	117%	-868 - 11391	SI
	20	Non-woody Veg. to BL	62	0.06	0.08	0.08	140,705	139,124	18,260	30,037	22%	109087 - 169161	SI
	21	Non-woody Veg. to Df	14	0.00	0.00	0.00	19,421	34,824	9,258	15,230	44%	19594 - 50054	NO
	22	Non-woody Veg. to P	9	0.00	0.00	0.00	16,475	11,641	5,179	8,520	73%	3122 - 20161	SI
	23	Non-woody Veg. to TS	9	0.00	0.00	0.00	18,706	22,034	7,463	12,277	56%	9757 - 34311	SI
Other lands	24	Other Lands	853	0.82	0.87	0.70	2,476,043	1,982,380	42,174	69,377	3%	1913004 - 2051757	NO
	25	With no information and other transitions	60	0.53	0.34	0.64	50,511	93,960	12,770	21,007	22%	72953 - 114967	NO

[1]: Ante la ausencia de puntos de muestreo, se asume que el error de la categoría de cambio es el máximo estimado para la categoría IPCC

2.6. 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 ($t\ CO_2\ ha^{-1}\ año^{-1}$).

2.6.1. 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 8. Ambos inventarios aportan un total de 487 parcelas⁸, 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 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 14). La

⁸ 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>

estimación de la biomasa subterránea (BGB) se realiza con la ecuación de Cairns et al. (Cairns, Brown, Helmer, & Braumgardner, 1997). En ambos inventarios, el factor de carbono utilizado es el valor por defecto del IPCC (0.47).

2.6.2. 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 INF⁹, 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 1000 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]¹⁰.

2.6.3. Factores de Remoción

Los factores de remoción se expresan como la tasa de crecimiento anual de bosques secundarios y cultivos arbolados en $t\ CO_2\ ha^{-1}\ año^{-1}$. 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)¹¹. 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 9 y 10), aumento de existencias de carbono (Tabla 11) y degradación forestal (Tabla 12).

⁹ 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>

¹⁰ 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/ct17k0ph97o9y95kq953qpq1b798nbf2>

Tabla 12: Biomasa aérea y subterránea, materia muerta y hojarasca para categorías forestales y no forestales

LULC	n	Mean tCO ₂ ha ⁻¹	Std. Dev.	Std Error	Min tCO ₂ ha ⁻¹	Max tCO ₂ ha ⁻¹	Median tCO ₂ ha ⁻¹	MAD
Broadleaf forest	223	225.64	152.08	10.18	62.96	1118.96	175.45	63.51
Dry forest	57	139.57	73	9.67	69.92	566.06	119.29	29.72
Pine	57	220.68	85.14	11.28	76.13	414.25	222.32	72.64
Tree shaded crops	79	232.94	136.78	15.39	28.15	714.04	214.19	75.4
Woody vegetation	45	100.44	78.14	11.65	1.34	264.22	92.5	63.32
Non-Woody vegetation	26	62.95	114.84	22.52	0	574.32	28.89	28.07

Tabla 13: Carbono orgánico del suelo para categorías forestales y no forestales

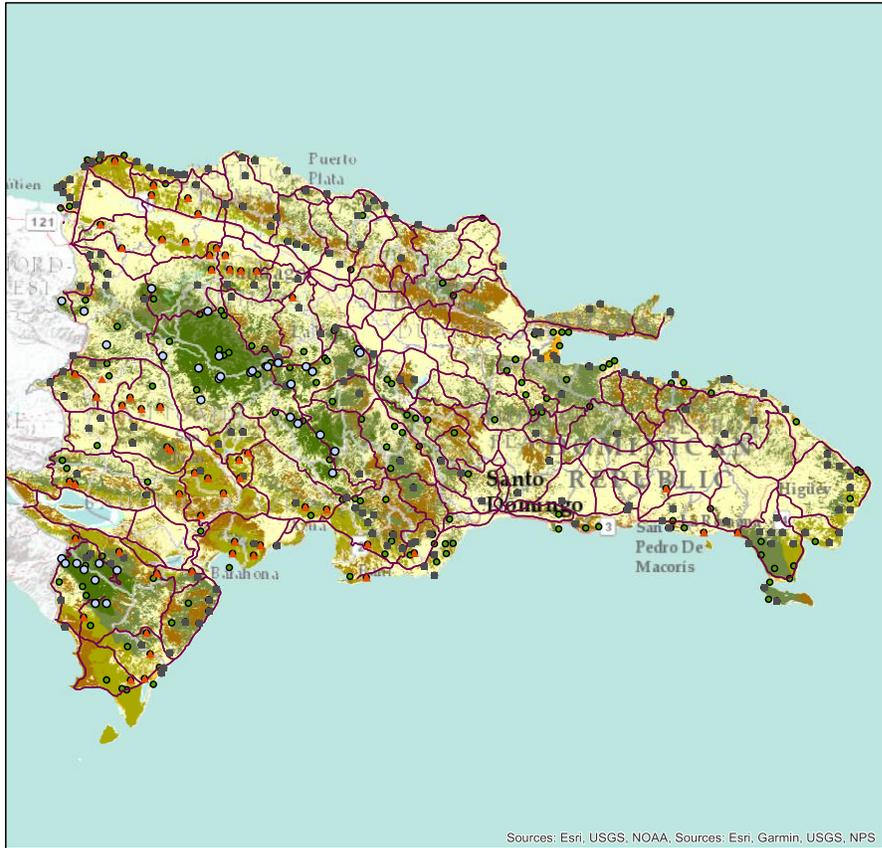
LULC	n	Mean tCO ₂ ha ⁻¹	Std. Dev.	Std Error	Min tCO ₂ ha ⁻¹	Max tCO ₂ ha ⁻¹	Median tCO ₂ ha ⁻¹	MAD
Broadleaf forest	118	890.73	602.74	55.49	116.98	3460.79	766.99	415.16
Dry forest	33	947.75	553.14	96.29	282.28	2634.47	865.94	302.4
Pine	33	383.69	185.85	32.35	145.04	963.2	342.2	83.73
Tree shaded crops	79	457.62	297.65	33.49	0	1282.78	459.91	183.59
Woody vegetation	40	681.31	419.12	66.27	0	1821.56	680.19	227.32
Non-Woody vegetation	26	440.7	259.76	50.94	0	911.9	383.79	180.71

Tabla 14: 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 15: Factores de cambio de biomasa debido a la degradación forestal.

Lands that remain as forests	Mean t CO ₂ *ha ⁻¹	Error
Average AGB loss in Broadleaf forest 2006-2015	18.45	94%
Average AGB loss in Dry forest 2006-2015	12.29	126%
Average AGB loss in Pine forest 2006-2015	20.02	147%
Average AGB gains in Broadleaf forest 2006-2015	-19.27	132%
Average AGB gains in Dry forest 2006-2015	-12.03	175%
Average AGB gains in Pine forest 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.

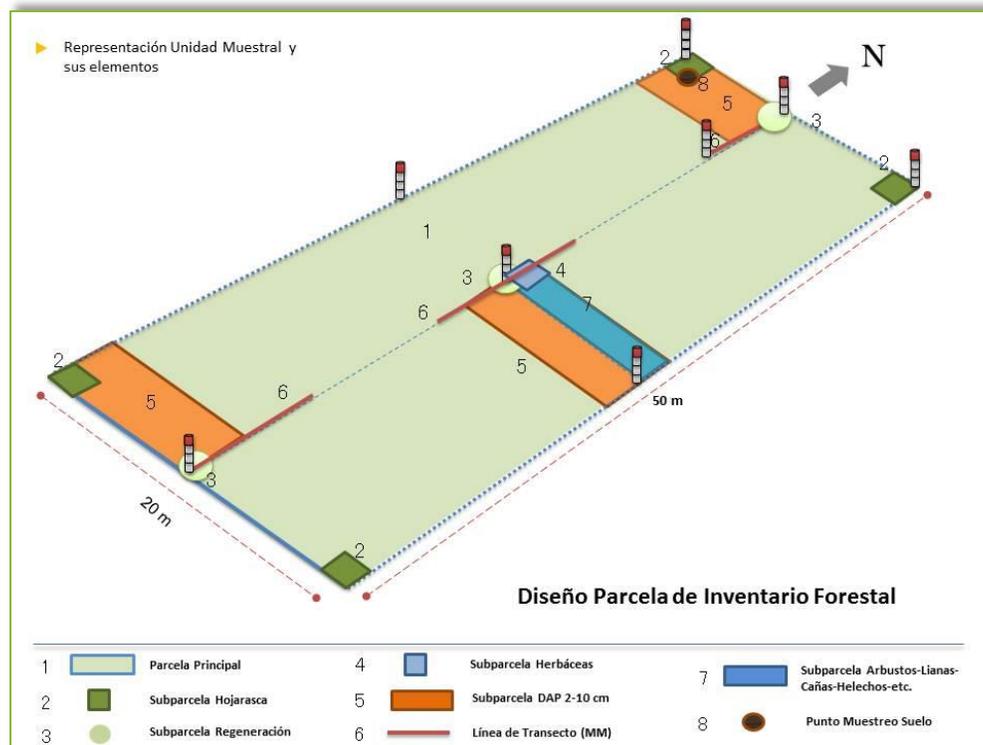


Figura 7: Parcela principal y parcelas anidadas para la determinación de la densidad de carbono para cada componente reconocido como sumidero en el Inventario nacional forestal (NFI) y en la Evaluación del contenido de biomasa y carbono en sistemas de no bosque en la República Dominicana (ISNB).

Tabla 16: 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.

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 17: Modelos alométricos utilizados para la estimación de la Biomasa arriba del suelo de los componentes registrados el en 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
Arboles 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
Arboles de <i>P. occidentalis</i> y <i>P. caribaea</i> . (>2 cm <i>dap</i>)	Ecuación 8: $\ln(AGB) = 1.17 + 2.119 * \ln(dap)$ (Brown, 1996) [□] (Márquez, 2000) [□]	No aplica
Cultivo de <i>Café-Coffea arabica</i>	Ecuación 9: $\ln(AGB) = -2.39287 + 0.95285 * LN(dap) + 1.2693 * LN(H_t)^{12}$ (<i>dap</i> 0,3 - 7,5 cm; <i>HT</i> 0,31 - 3,40 m)	Ecuación 10 $\log(AGB) = -1.181 + 1.991 * \log(d15)$ (Segura & Suárez, 2006) [□]
Otros cultivos: Cacao-	No aplica	Matagalpa, Nicaragua

¹² Suarez (2002)

<i>Theobroma cacao</i> ; <i>Aguacate-Persea americana</i> ; <i>Guayaba-Psidium guajaba</i> ; <i>Narajana-Citrus aurantium</i> , <i>C. Sinensis</i> ; <i>Mango-Mangifera indica</i> .		Ecuación 11 $\log(AGB) = -1.11 + 2.64 * \text{Log}(dap)$ (Andrade, Segura, Somarriba, & Villalobos, 2008)
<i>Coco-Cocos nucifera</i>	<i>No aplica</i>	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

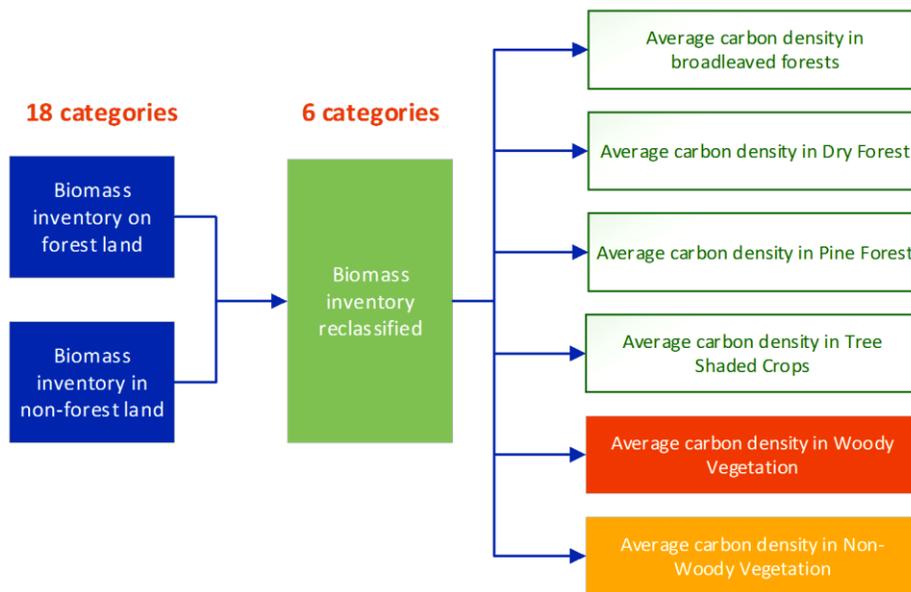


Figura 8: Flujo de trabajo para la estimación de densidad de carbono y su correspondiente incertidumbre para cada una de las diferentes categorías de uso.

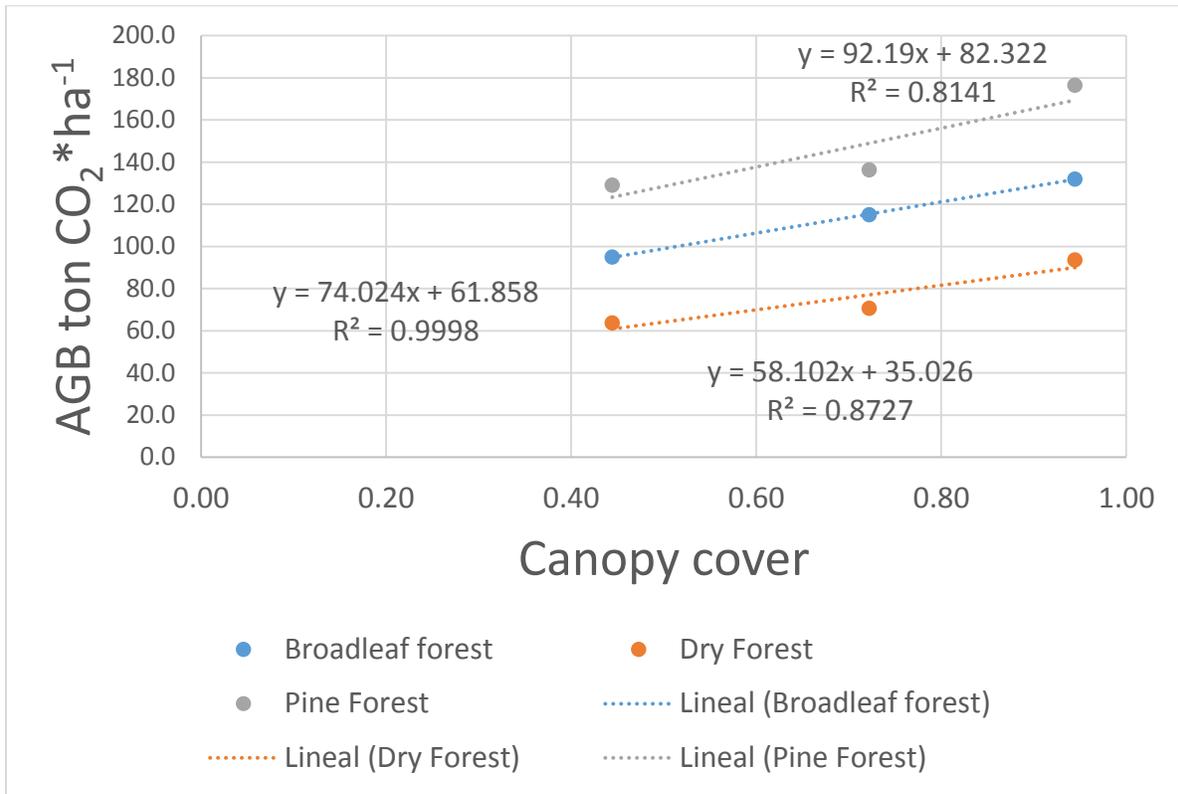


Figura 9: Modelo de regresión de biomasa AGB en función de la cobertura del dosel, para bosque latifoliado, bosque seco y bosques de pino. Se relaciona la biomasa promedio estimada para 3 categorías de cobertura de dosel (baja 3-5 puntos sobre copas, media 6-7 puntos sobre copas y alta 8-9 puntos sobre 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 la biomasa en toneladas (t C yr⁻¹)

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

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

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 Tabla 15 se

consigna un resumen de los cálculos. Las emisiones por deforestación se estiman considerando los depósitos 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).

Las emisiones promedio por deforestación para el período de referencia de 10 años es de **9,075,025 ton CO₂-e* año⁻¹**. La siguiente ecuación se utiliza para calcular el factor de emisión de deforestación:

Ecuación 15. Factor de Emisión de Deforestación

$$EF = (C_{bio,pre} - C_{bio,post} + \{(CS_0 - CS_D)/D\} \times \frac{44}{12}) \text{ (Forest Carbon Partnership Facility (FCPF), 2015)}$$

EF : Emission factor, ton CO₂-e*ha⁻¹

C_{bio,pre}: C stock in biomass prior to forest change, ton C/ha

C_{bio,post}: C stock in biomass prior post-deforestation, ton C/ha

CS₀: Initial or reference soil organic carbon

CS_D: Soil organic carbon at default time D, ton C/ha

D: Time period to transition to a new equilibrium value (1 year)

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

Ecuación 16. Emisiones anuales de CO₂-e por Deforestación

$$RL_d = (AD_{bl-wv} * EF_{bl-wv} + AD_{bl-nwv} * EF_{bl-nwv} + AD_{df-wv} * EF_{bs-wv} + AD_{df-nwv} * EF_{bs-nwv} + AD_{p-wv} * EF_{p-wv} + AD_{p-nwv} * EF_{p-nwv} + AD_{ts-wv} * EF_{ts-wv} + AD_{ts-nwv} * EF_{ts-nwv})/10$$

RL_d: Deforestation reference level

AD_{bl-wv}: Activity Data Broadleaf forest to Woody vegetation

AD_{bl-nwv}: Activity data Broadleaf forest to Non-Woody vegetation

AD_{df-wv}: Activity data Dry forest to Woody vegetation

AD_{df-nwv}: Activity data Dry forest to Non-Woody vegetation

AD_{p-wv}: Activity data Pine to Woody vegetation

AD_{p-nwv}: Activity data Pine to Non-Woody vegetation

AD_{ts-wv}: Activity data Pine to Non-Woody vegetation

AD_{ts-nwv}: Activity data Pine to Non-Woody vegetation

EF_{bl-wv}: Emission Factor Broadleaf forest to Woody vegetation

EF_{bl-nwv}: Emission Factor Broadleaf forest to Non-Woody vegetation

EF_{df-wv}: Emission Factor Dry forest to Woody vegetation

EF_{df-nwv}: Emission Factor Dry forest to Non-Woody vegetation

EF_{p-wv}: Emission Factor Pine to Woody vegetation

EF_{p-nwv}: Emission Factor Pine to Non-Woody vegetation

EF_{ts-wv}: Emission Factor Pine to Non-Woody vegetation

EF_{ts-nwv}: Emission Factor Pine to Non-Woody vegetation

Tabla 18: Estimación del nivel de referencia de deforestación, periodo de referencia 2006-2015.

Land cover change classes	Annual Area	Carbon Density prior	Carbon Density post	Emission	Annual
---------------------------	-------------	----------------------	---------------------	----------	--------

	converted	conversion	conversion	Factor	Emission
	ha/yr	tCO ₂ /ha	tCO ₂ /ha	tCO ₂ /ha	tCO ₂ /yr
11 B Latifoliado a Veg Leñosa	4,163.37	1,116.37	781.75	334.62	1,393,147
12 B Latifoliado a Veg No Leñosa	8,889.25	1,116.37	503.65	612.72	5,446,621
13 B Seco a Veg Leñosa	2,215.77	1,087.32	781.75	305.57	677,072
14 B Seco a Veg No Leñosa	1,989.29	1,087.32	503.65	583.67	1,161,087
15 Coníferas a Veg Leñosa	475.90	604.37	781.75	-177.38	-84,415
16 Coníferas a Veg No Leñosa	872.97	604.37	503.65	100.72	87,925
30 C Arbolado a Veg Leñosa	626.61	690.56	781.75	-91.19	-57,140
28 C Arbolado a Veg No Leñosa	2,411.46	690.56	503.65	186.91	450,727
Total	21,644.61				9,075,025

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 - 2,140,071 ton CO₂-e* año⁻¹ (Tabla 16). 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

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

RL_e : Reference level of forest carbon enhancement in lands converted to forest land

AD_{wv-bl} : Activity Data Woody vegetation to Broadleaf forest

AD_{nww-bl} : Activity data Non-Woody vegetation to Broadleaf forest

AD_{wv-df} : Activity data Woody vegetation to Dry forest

AD_{nww-df} : Activity data Non-Woody vegetation to Dry forest

AD_{wv-p} : Activity data Woody vegetation to Pine

AD_{nww-p} : Activity data Non-Woody vegetation to Pine

AD_{nww-ts} : Activity data Woody vegetation to Tree shaded crops

AD_{nww-ts} : Activity data Non-Woody vegetation to Tree shaded crops

CA_{bl} : Carbon accumulation rate Broadleaf forest

CA_{df} : Carbon accumulation rate Dry forest

CA_p : Carbon accumulation rate Pine forest

CA_{ts} : Carbon accumulation rate Tree shaded crops

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, que se utiliza en el escenario de referencia (Tabla 16).

Tabla 19: Estimación del nivel de referencia de aumento de existencias de carbono forestal

Periodo 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	13,670	9,897	2,361	526	13,912	3,482	1,164	2,203	-58,366	-214,007
2	27,339	19,794	4,721	1,052	27,825	6,965	2,328	4,407	-175,097	-642,021
3	41,009	29,691	7,082	1,578	41,737	10,447	3,492	6,610	-291,828	-1,070,035
4	54,679	39,588	9,442	2,105	55,649	13,929	4,657	8,814	-408,559	-1,498,049
5	68,349	49,485	11,803	2,631	69,562	17,412	5,821	11,017	-525,290	-1,926,064
6	82,018	59,382	14,163	3,157	83,474	20,894	6,985	13,220	-642,021	-2,354,078
7	95,688	69,278	16,524	3,683	97,387	24,377	8,149	15,424	-758,752	-2,782,092
8	109,358	79,175	18,884	4,209	111,299	27,859	9,313	17,627	-875,483	-3,210,106
9	123,027	89,072	21,245	4,735	125,211	31,341	10,477	19,831	-992,215	-3,638,120
10	136,697	98,969	23,605	5,261	139,124	34,824	11,641	22,034	-1,108,946	-4,066,134
Promedio anual									-583,656	-2,140,071

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 567,240.32 ton CO₂-e* año⁻¹ y la remoción histórica de carbono es de -968,088.12 ton CO₂-e* año⁻¹ (Tabla 17). 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 / Remociones Anuales de CO₂-e Derivadas de la Degradación o Mejora del Dosel en Bosques Naturales

$$RL_{degbn} = \frac{(AD_{deg-bl} * AL_{bl}) + (AD_{enh-bl} * AG_{bl}) + (AD_{deg-df} * AL_{df}) + (AD_{enh-df} * AG_{df}) + (AD_{deg-p} * AL_p) + (AD_{enh-p} * AG_p)}{10}$$

RL_{degbn} : Reference level of forest degradation and forest carbon enhancement in natural forests

AD_{deg-bl} : Activity Data Degraded Broadleaf forest

AD_{deg-df} : Activity Data Degraded Dry forest

AD_{deg-p} : Activity Data Degraded Pine forest

AD_{enh-bl} : Activity data Canopy recovered Broadleaf forest

AD_{enh-df} : Activity data Canopy recovered Dry forest

AD_{enh-p} : Activity data Canopy recovered Pine forest

AL_{bl} : Average AGB loss in Broadleaf forest during reference period 2005-2015

AL_{df} : Average AGB loss in Dry forest during reference period 2006-2015

AL_p : Average AGB loss in Pine forest during reference period 2006-2015

AG_{bl} : Average AGB gains in Broadleaf forest during reference period 2006-2015

AG_{df} : Average AGB gains in Dry forest during reference period 2006-2015

AG_p : Average AGB gains in Pine forest during reference period 2006-2015

La siguiente ecuación se utiliza para calcular las emisiones / remociones anuales de CO₂-e derivadas de las transiciones de Cultivos arbolados a Bosque natural y viceversa:

Ecuación 19. Emisiones / remociones Anuales de CO₂-e Derivadas de las Transiciones de Cultivos arbolados a Bosque Natural

$$RL_{degts} = (AD_{ts-bl} * EF_{ts-bl} + AD_{ts-df} * EF_{ts-df} + AD_{ts-p} * EF_{ts-p} + AD_{bl-ts} * EF_{bl-ts} + AD_{df-ts} * EF_{df-ts} + AD_{p-ts} * EF_{p-ts}) / 10$$

RL_{degts} : Reference level of forest degradation and forest carbon enhancement in tree shaded crops transitions

AD_{ts-bl} : Activity Data Tree shaded crops to Broadleaf forest

AD_{ts-df} : Activity Data Tree shaded crops to Dry forest

AD_{ts-p} : Activity Data Tree shaded crops to Pine forest

AD_{bl-ts} : Activity data Broadleaf forest to Tree shaded crops

AD_{df-ts} : Activity data Dry forest to Tree shaded crops

AD_{p-ts} : Activity data Pine to Tree shaded crops

EF_{ts-bl} : AGB Emission Factor Tree shaded crops to Broadleaf forest

EF_{ts-df} : AGB Emission Factor Tree shaded crops to Dry forest

EF_{ts-p} : AGB Emission Factor Tree shaded crops to Pine forest

EF_{bl-ts} : AGB Emission Factor Broadleaf forest to Tree shaded crops

EF_{df-ts} : AGB Emission Factor Dry forest to Tree shaded crops

EF_{p-ts} : AGB Emission Factor Pine to Tree shaded crops

Tabla 20: Emisiones por degradación forestal y aumento de las existencias de carbono forestal en tierras que permanecen como bosque

Land that remains as forest	Emissions (tCO ₂ -e*yr ⁻¹)	Removals (tCO ₂ -e*yr ⁻¹)	Total (tCO ₂ -e*yr ⁻¹)
Broadleaf forest	385,993.86	-700,671.60	-314,677.74
Dry forest	66,179.10	-97,203.74	-31,024.64

Pine forest	97,901.11	-164,354.33	-66,453.22
Total Natural forests	550,074.07	-962,229.68	-412,155.61
Tree shaded crops to Broadleaf forest	12,247.71		12,246.71
Tree shaded crops to Dry forest	3,582.33		3,582.33
Tree shaded crops to Pine forest	1,337.21		1,337.21
Broadleaf forest to Tree shaded crops		-3,622.27	-3,622.27
Dry forest to Tree shaded crops		-1,837.96	-1,836.96
Pine to Tree shaded crops		-399.21	-399.21
Total transitions from tree-shaded C to natural F and vice versa	17,166.25	-5,858.44	11,307.81
Total	567,240.32	-968,088.12	-400,847.80

3.4. Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

En la Tabla 18 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/t86jdn80txorhnowbx62qh3s572ylj89>

Tabla 21: Nivel de referencia de emisiones forestales de República Dominicana.

Reference period	Average annual historical emissions from deforestation over the Reference Period (ton CO ₂ -e/yr)	Average annual historical emissions from forest degradation over the Reference Period (ton CO ₂ -e/yr)	Average annual historical removals by sinks over the Reference Period (ton CO ₂ -e/yr)		Reference level (ton CO ₂ -e/yr)
			Lands converted to forest lands	Lands that remain as forest	
<i>Average 2006-2015</i>	9,075,025	567,240	-2,140,071	-968.088	6,534,106

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 a 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 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). 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 19).

Tabla 22: Resolución espacial y temporal de las imágenes utilizadas en la determinación del uso del suelo y la densidad de copas.

Assessment	Resolution			Total
	Low	Medium	High	
2005				
< 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%

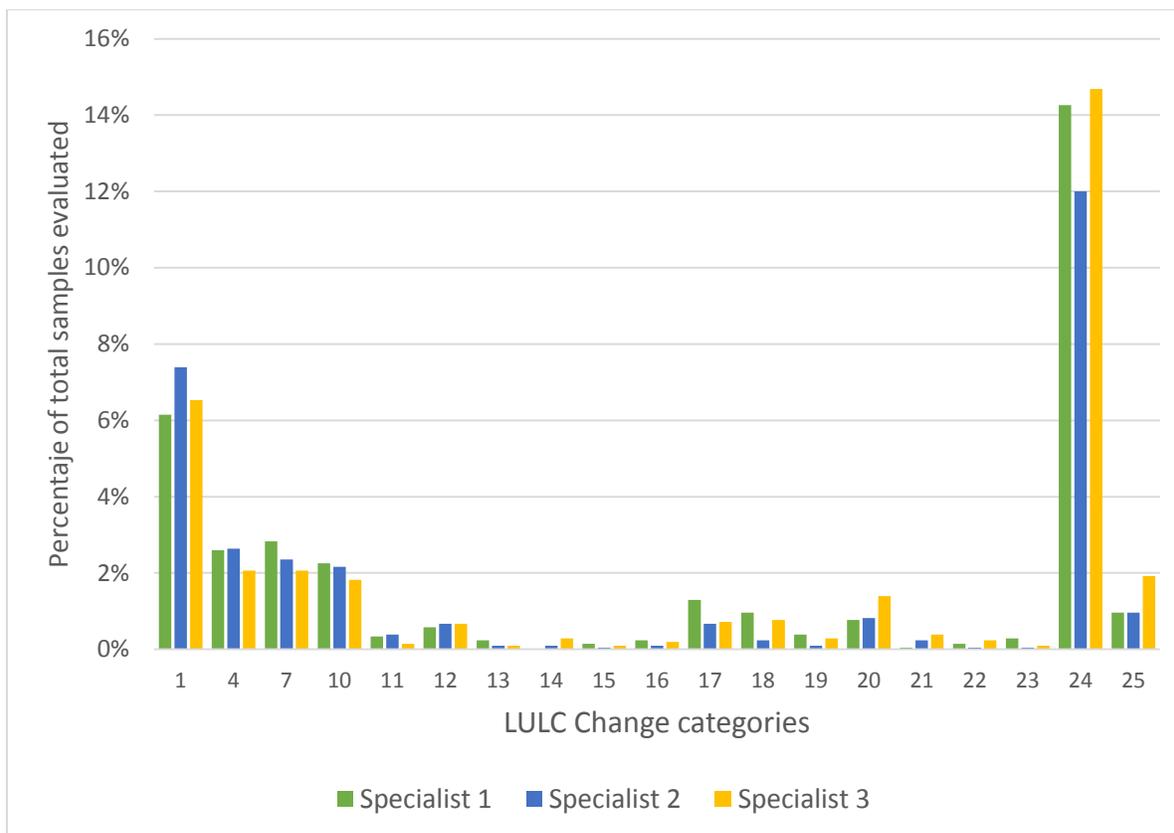


Figura 10: Consistencia en la evaluación del cambio de uso del suelo entre intérpretes. Fuente: Datos de Referencia.

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 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 13).

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 14). 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 3). No obstante, las categorías de uso Vegetación Leñosa y Vegetación No Leñosa, presentan errores estándar similares a las categorías Forestales.

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 20). Se calculó la desviación estándar de 1000 iteraciones de estimación del cambio promedio en AGB (perdida 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 12).

Tabla 23: 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 21 y 22, en el modelo Ecuación 19. La incertidumbre de los factores de emisión se estima mediante el enfoque 1 de combinación de incertidumbres para suma y substracción (Ecuación 3.2, Vol. 1, IPCC 2006):

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

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

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

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

Se asumió una distribución normal para los factores de emisión (de AGB+BGB+MM+H y de SOC) 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 al análisis de Montecarlo, se estima una incertidumbre de **32.95%** para el NR de Deforestación (Tabla 23). La memoria de cálculo de la incertidumbre del NR de Deforestación puede accederse en el siguiente vínculo: <https://app.box.com/s/uz5atec6xehvjvl14lbstpy81ni5zaon>

Ecuación 21 Deforestation reference level

$$RL_d = (AD_{bl-wv} * EF_{bl-wv} + AD_{bl-nwv} * EF_{bl-nwv} + AD_{df-wv} * EF_{bs-wv} + AD_{df-nwv} * EF_{bs-nwv} + AD_{p-wv} * EF_{p-wv} + AD_{p-nwv} * EF_{p-nwv} + AD_{ts-wv} * EF_{ts-wv} + AD_{ts-nwv} * EF_{ts-nwv})/10)$$

RL_d : Deforestation reference level
 AD_{bl-wv} : Activity Data Broadleaf forest to Woody vegetation
 AD_{bl-nwv} : Activity data Broadleaf forest to Non-Woody vegetation
 AD_{df-wv} : Activity data Dry forest to Woody vegetation
 AD_{df-nwv} : Activity data Dry forest to Non-Woody vegetation
 AD_{p-wv} : Activity data Pine to Woody vegetation
 AD_{p-nwv} : Activity data Pine to Non-Woody vegetation
 AD_{ts-wv} : Activity data Pine to Non-Woody vegetation
 AD_{ts-nwv} : Activity data Pine to Non-Woody vegetation

EF_{bl-wv} : Emission Factor Broadleaf forest to Woody vegetation
 EF_{bl-nwv} : Emission Factor Broadleaf forest to Non-Woody vegetation
 EF_{df-wv} : Emission Factor Dry forest to Woody vegetation
 EF_{df-nwv} : Emission Factor Dry forest to Non-Woody vegetation
 EF_{p-wv} : Emission Factor Pine to Woody vegetation
 EF_{p-nwv} : Emission Factor Pine to Non-Woody vegetation
 EF_{ts-wv} : Emission Factor Pine to Non-Woody vegetation
 EF_{ts-nwv} : Emission Factor Pine to Non-Woody vegetation

$$\text{Donde: } EF = (C_{bio,pre} - C_{bio,post} + \{(CS_0 - CS_D)/D\} \times \frac{44}{12})$$

EF : Emission factor, t CO₂-e ha⁻¹

$C_{bio,pre}$: C stock in biomass prior to forest change, t C/ha

$C_{bio,post}$: C stock in biomass prior post-deforestation, t C/ha

CS_0 : Initial or reference soil organic carbon

CS_D : Soil organic carbon at default time D, tC/ha

D : Default time period to transition to a new equilibrium value (1 year)

Tabla 24: Factores de emisión con su respectivo error utilizados en la estimación de emisiones por deforestación

Land cover change classes	Carbon Density prior conversion (ton CO ₂ /ha)				Carbon Density post conversion (tCO ₂ /ha)				Emission Factor	Error
	Mean AGB+BG B+MM+H	Confidence limits	Mean SOC	Confidence limits	Mean AGB+BG+M+H	Confidence limits	Mean SOC	Confidence limits	ton CO ₂ /ha	
Bosque latifoliado a Vegetación Leñosa	225.64	20.06	890.73	109.89	100.44	23.46	681.31	133.94	334.62	31.02
Bosque latifoliado a Vegetación No Leñosa	225.64	20.06	890.73	109.89	62.95	46.29	440.70	104.71	612.72	60.50
Bosque Seco a Vegetación leñosa	139.57	19.36	947.75	195.90	100.44	23.46	681.31	133.94	305.57	39.12
Bosque Seco a Vegetación No Leñosa	139.57	19.36	947.75	195.90	62.95	46.29	440.70	104.71	583.67	83.55
Coníferas a Vegetación leñosa	220.68	22.59	383.69	65.82	100.44	23.46	681.31	133.94	-177.38	-19.55
Coníferas a Vegetación No Leñosa	220.68	22.59	383.69	65.82	62.95	46.29	440.70	104.71	100.72	12.18

Cultivos Arbolados a Vegetación leñosa	232.94	30.63	457.62	66.66	100.44	23.46	681.31	133.94	-91.19	-9.57
Cultivos Arbolados a Vegetación No leñosa	232.94	30.63	457.62	66.66	62.95	46.29	440.70	104.71	186.91	21.28

Tabla 25: Área de conversión de bosque y error de la estimación

LULC change category	Area (ha)	Error (ha) (relative 90% significance level)	Confidence level (90%)
11 Broadleaf forest to Woody vegetation	41,634	16,553	25080 - 58187
12 Broadleaf forest to Non-Woody vegetation	88,892	24,283	64609 - 113176
13 Dry forest to Woody vegetation	22,158	12,184	9974 - 34342
14 Dry forest to Non-Woody vegetation	19,893	11,539	8353 - 31432
15 Pine to Woody vegetation	4,759	5,175	-416 - 9934
16 Pine to Non-Woody vegetation	8,730	7,574	1156 - 16303
30 Tree shaded crops to Woody vegetation	6,266	6,814	548 - 13080
28 Tree shaded crops to Non-woody vegetation	24,115	12,556	11559 - 36670

Tabla 26: Emisiones anuales por deforestación y su respectiva incertidumbre.

Type of Emission	Emissions (ton CO ₂ -e*yr ⁻¹)	Standard deviation (ton CO ₂ -e*yr ⁻¹)	Percentile 5% (t CO ₂ -e*yr ⁻¹)	Percentile 95% (t CO ₂ -e*yr ⁻¹)	Error (90%)
Deforestation	9,639,133	1,923,041	6,500,064	12,853,156	32.95%

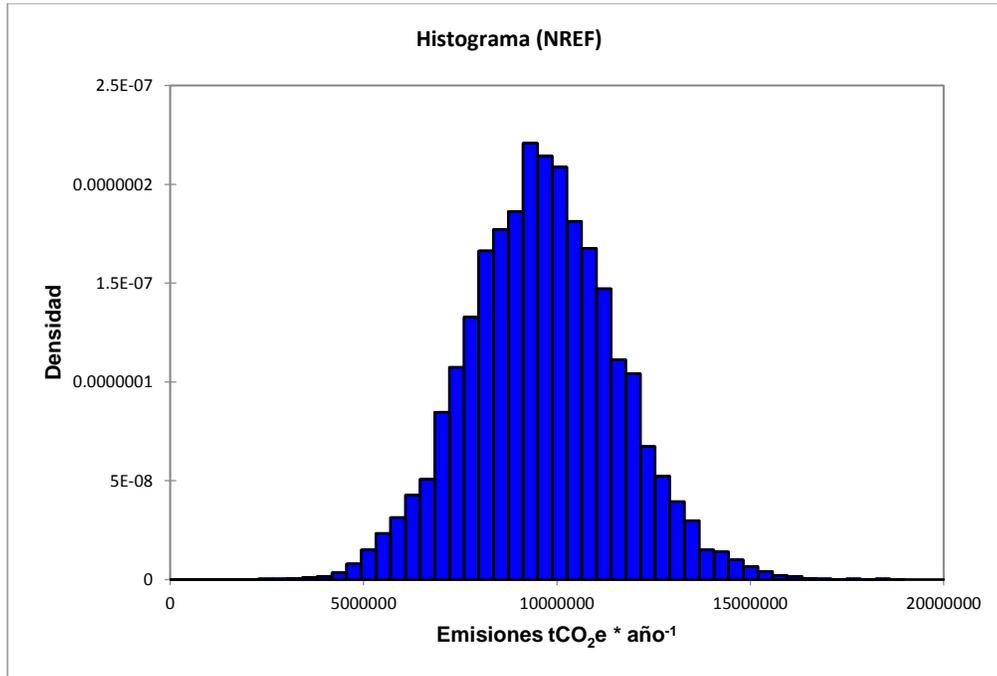


Figura 11: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Montecarlo para la estimación de la incertidumbre de la estimación de emisiones por deforestación.

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 24 y 25 y el modelo de Ecuación 21. De acuerdo al análisis de Montecarlo, se estima una incertidumbre de **73%** para el NR de Remociones forestales (Tabla 26). La memoria de cálculo de la incertidumbre del NR de Remociones puede accederse en el siguiente vínculo:

<https://app.box.com/s/1bf3bjarp04ki5v10vw5goj721ekrpfw>

Ecuación 22. Reference level of forest carbon enhancement in lands converted to forest land

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

RL_e : Reference level of forest carbon enhancement in lands converted to forest land

AD_{wv-bl} : Activity Data Woody vegetation to Broadleaf forest

AD_{nvw-ts} : Activity data Woody vegetation to Tree shaded crops

AD_{nvw-ts} : Activity data Non-Woody vegetation to Tree shaded crops

AD_{nww-bl} : Activity data Non-Woody vegetation to Broadleaf forest
 AD_{wv-df} : Activity data Woody vegetation to Dry forest
 AD_{nww-df} : Activity data Non-Woody vegetation to Dry forest
 AD_{wv-p} : Activity data Woody vegetation to Pine
 AD_{nww-df} : Activity data Non-Woody vegetation to Pine

CA_{bl} : Carbon accumulation rate Broadleaf forest
 CA_{df} : Carbon accumulation rate Dry forest
 CA_p : Carbon accumulation rate Pine forest
 CA_{ts} : Carbon accumulation rate Tree shaded crops

Tabla 27: Área de regeneración y error de la estimación

LULC change category	Area (ha)	Error (ha) (relative 90% significance level)	Confidence level (90%)
17 Woody vegetation to Broadleaf forest	136,697	29,909	106789 - 166606
18 Woody vegetation to Dry forest	98,969	24,555	74414 - 123524
19 Woody vegetation to Pine	23,605	12,548	11057 - 36153
29 Woody vegetation to Tree shaded crops	5,261	6,130	-868 - 11391
20 Non-Woody veg to Broadleaf forest	139,124	30,037	109087 - 169161
21 Non-Woody veg to Dry forest	34,824	15,230	19594 - 50054
22 Non-Woody veg to Pine	11,641	8,520	3122 - 20161
23 Non-Woody veg to Tree shaded crops	22,034	12,277	9757 - 34311

Tabla 28: Factores de remoción y error estándar asociado

LULC	Mean $t C \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$	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 29: Remociones anuales por acumulación de carbono y su respectiva incertidumbre, en tierras convertidas en tierras forestales.

Type of emissions	Emissions ($ton CO_2-e \cdot yr^{-1}$)	Standard deviation ($ton CO_2-e \cdot yr^{-1}$)	Percentile 5% ($ton CO_2-e \cdot yr^{-1}$)	Percentile 95% ($ton CO_2-e \cdot yr^{-1}$)	Error (90%)
Removals	-2,192,764	1,019,302	-4,023,104	-681,867	73.24%

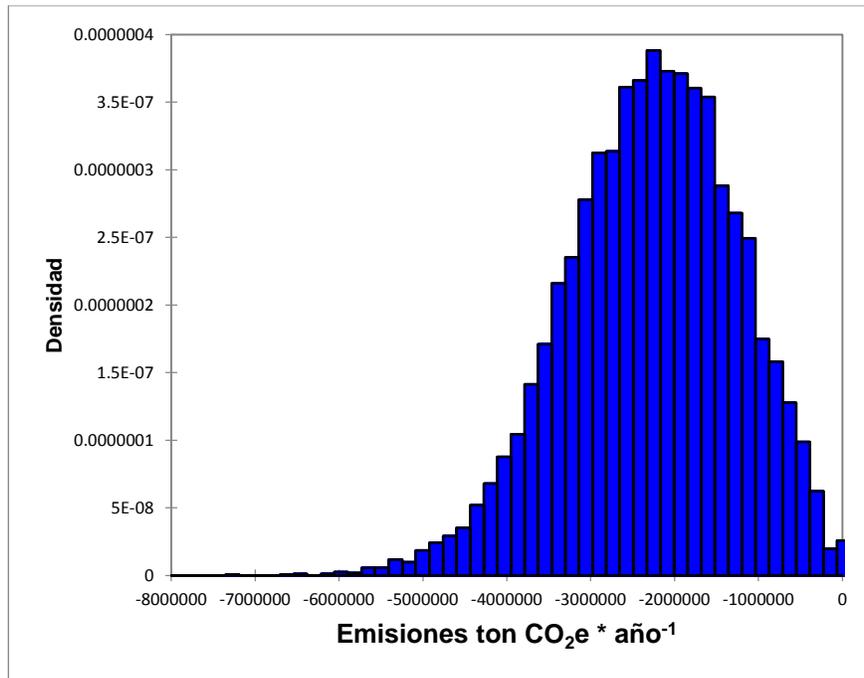


Figura 12: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de la incertidumbre del Nivel de Referencia de remociones forestales en tierras convertidas en tierras forestales

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 27 y 28, y el modelo de Ecuación 22. Según el análisis de Montecarlo, la incertidumbre se estimó en **124%** para las emisiones anuales debido a la degradación y **169%** para las remociones anuales de la recuperación forestal (Tabla 29 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La memoria de cálculo de la incertidumbre de las emisiones por degradación puede accederse en el siguiente vínculo: <https://app.box.com/s/t21uuc3xnfbag3c3ip04f03xkkbhm6o7>

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 30: Pérdida y ganancia promedio de AGB y su respectiva incertidumbre, en tierras que permanecen como bosques

Lands that remain as forests	Mean ton CO ₂ *ha ⁻¹	Error
Average AGB loss in Broadleaf forest 2006-2015	18.45	94%

Average AGB loss in Dry forest 2006-2015	12.29	126%
Average AGB loss in Pine forest 2006-2015	20.02	147%
Average AGB gains in Broadleaf forest 2006-2015	-19.27	132%
Average AGB gains in Dry forest 2006-2015	-12.03	175%
Average AGB gains in Pine forest 2006-2015	-22.41	155%

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

Degradation/enhancement in Forest land remaining forest land	Area (ha)	Error (ha) (relative 90% significance level)	Confidence level (ha) (90%)
2. Area of Broadleaf forest with recovery of canopy cover	363,546.21	56,375	307171 - 419921
5 Area of Dry forest with recovery of canopy cover	80,792.91	28,966	51827 - 109759
8 Area of Pine forest with recovery of canopy cover	73,348.59	22,383	50965 - 95732
3 Area of degraded Broadleaf forest	209,163.58	47,385	161779 - 256548
6 Area of degraded Dry forest	53,861.94	24,720	29142 - 78582
9 Area of degraded Pine forest	48,899.06	19,414	29485 - 68313
26 Tree shaded crops to Broadleaf forest	16,766.32	446	-62 - 830
31 Tree shaded crops to Dry forest	383.67	1,268	-177 - 2359
32 Tree shaded crops to Pine forest	1,090.71	5,769	-807 - 10731
27 Broadleaf forest to Tree shaded crops	4,962.01	229	-32 - 425
33 Dry forest to Tree shaded crops	196.74	379	-53 - 704
34 Pine forest to Tree shaded crops	325.62	446	-62 - 830

Ecuación 23 Reference level of forest degradation and forest carbon enhancement in natural forest

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

Donde:

Ecuación 24

$$RL_{degbn} = \frac{(AD_{deg-bl} * AL_{bl}) + (AD_{enh-bl} * AG_{bl}) + (AD_{deg-df} * AL_{df}) + (AD_{enh-df} * AG_{df}) + (AD_{deg-p} * AL_p) + (AD_{enh-p} * AG_p)}{10}$$

RL_{deg} : Reference level of forest degradation and forest carbon enhancement in natural forest

AD_{deg-bl} : Activity Data Degraded Broadleaf forest

AD_{deg-df} : Activity Data Degraded Dry forest

AD_{deg-p} : Activity Data Degraded Pine forest

AD_{enh-bl} : Activity data Canopy recovered Broadleaf forest

AD_{enh-df} : Activity data Canopy recovered Dry forest

AD_{enh-p} : Activity data Canopy recovered Pine forest

AL_{bl} : Average AGB loss in Broadleaf forest during reference period 2005-2015

AL_{df} : Average AGB loss in Dry forest during reference period 2006-2015

AL_p : Average AGB loss in Pine forest during reference period 2006-2015

AG_{bl} : Average AGB gains in Broadleaf forest during reference period 2006-2015

AG_{df} : Average AGB gains in Dry forest during reference period 2006-2015

AG_p : Average AGB gains in Pine forest during reference period 2006-2015

Ecuación 25

$$RL_{degts} = (AD_{ts-bl} * EF_{ts-bl} + AD_{ts-df} * EF_{ts-df} + AD_{ts-p} * EF_{ts-p} + AD_{bl-ts} * EF_{bl-ts} + AD_{df-ts} * EF_{df-ts} + AD_{p-ts} * EF_{p-ts})/10$$

RL_{degts} : Reference level of forest degradation and forest carbon enhancement in tree shaded crops transitions

AD_{ts-bl} : Activity Data Tree shaded crops to Broadleaf forest

AD_{ts-df} : Activity Data Tree shaded crops to Dry forest

AD_{ts-p} : Activity Data Tree shaded crops to Pine forest

AD_{bl-ts} : Activity data Broadleaf forest to Tree shaded crops

AD_{df-ts} : Activity data Dry forest to Tree shaded crops

AD_{p-ts} : Activity data Pine to Tree shaded crops

EF_{ts-bl} : AGB Emission Factor Tree shaded crops to Broadleaf forest

EF_{ts-df} : AGB Emission Factor Tree shaded crops to Dry forest

EF_{ts-p} : AGB Emission Factor Tree shaded crops to Pine forest

EF_{bl-ts} : AGB Emission Factor Broadleaf forest to Tree shaded crops

EF_{df-ts} : AGB Emission Factor Dry forest to Tree shaded crops

EF_{p-ts} : AGB Emission Factor Pine to Tree shaded crops

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

Type of emissions	Emissions (t CO ₂ -e*yr ⁻¹)	Standard deviation (t CO ₂ -e*yr ⁻¹)	Percentile 5% (t CO ₂ -e*yr ⁻¹)	Percentile 95% (t CO ₂ -e*yr ⁻¹)	Error (90%)
Emissions	567,169	427,171	-104,312	1,302,973	124.48%
Removals	-967,984	994,320	-2,616,998	643,926	168.87%

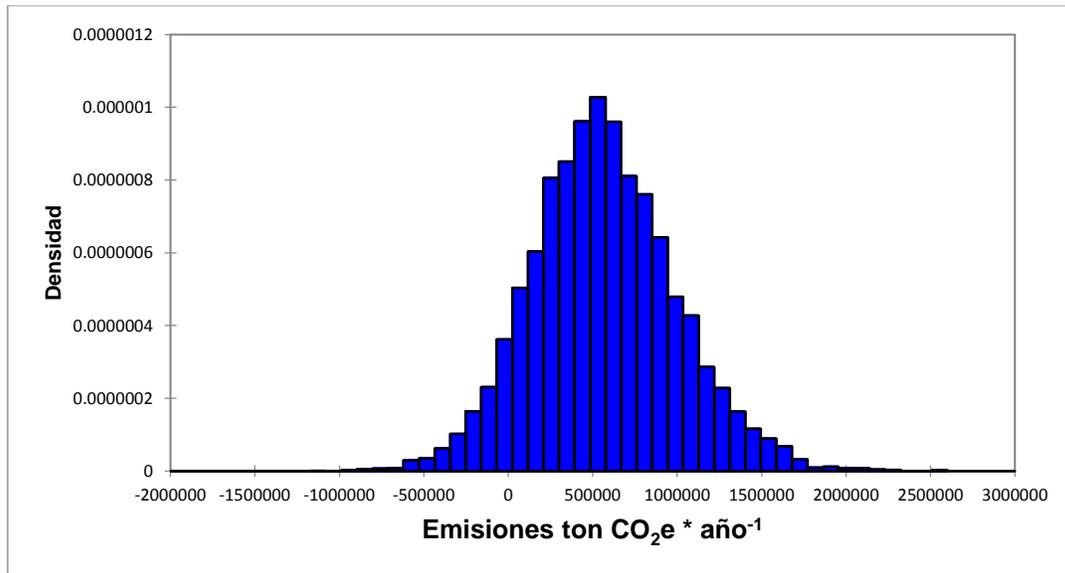


Figura 13: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de las emisiones por degradación forestal.

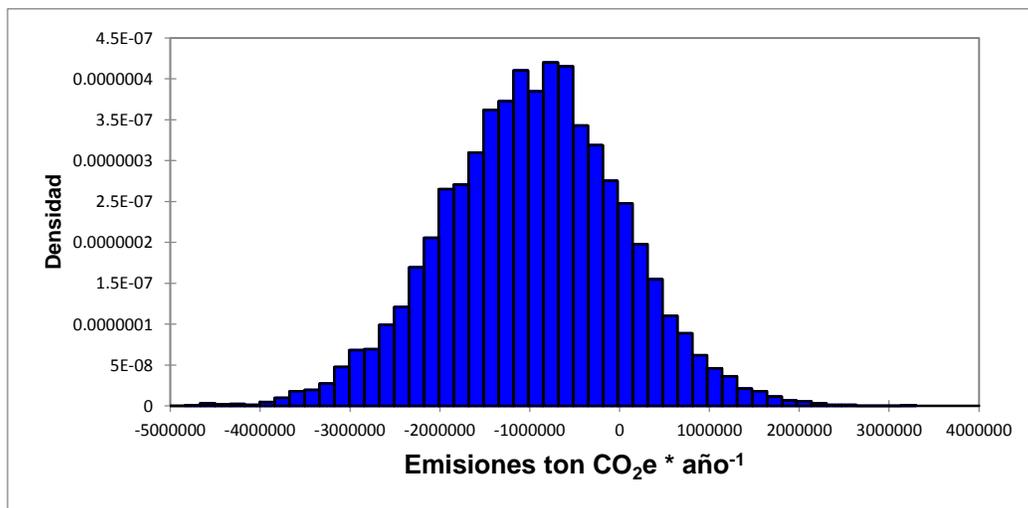


Figura 14: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de la incertidumbre del aumento de existencias de carbono forestal en tierras que permanecen como bosques.

4.5.4. Nivel de Referencia del Programa ER (NREF):

La combinación de las incertidumbres de todos los niveles de referencia se obtiene mediante el modelo Ecuación 25. De acuerdo al análisis de Montecarlo, para el NREF se estima una incertidumbre global del 59% (Tabla 30). Este análisis considera un total de 49 variables (distribuciones), de las cuales 9

contribuyen con el 93% de la variabilidad de los resultados (Tabla 31). La memoria de cálculo de la incertidumbre el NREF/NRF se puede obtener en el siguiente vínculo:

<https://app.box.com/s/6v4ibank6o8hwc86u6deork7n1l1tmui>

Ecuación 26. Combinación de las incertidumbres de todos los niveles de referencia

$$FREL = RL_d + RL_e + RL_{deg}$$

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

FREL	Emissions (t CO ₂ -e*yr ⁻¹)	Standard deviation (t CO ₂ -e*yr ⁻¹)	Percentile 5% (t CO ₂ -e*yr ⁻¹)	Percentile 95% (t CO ₂ -e*yr ⁻¹)	Error (90%)
FREL ER Program	7,048,622	1,923,041	2,887,221	11,036,238	58.63 %

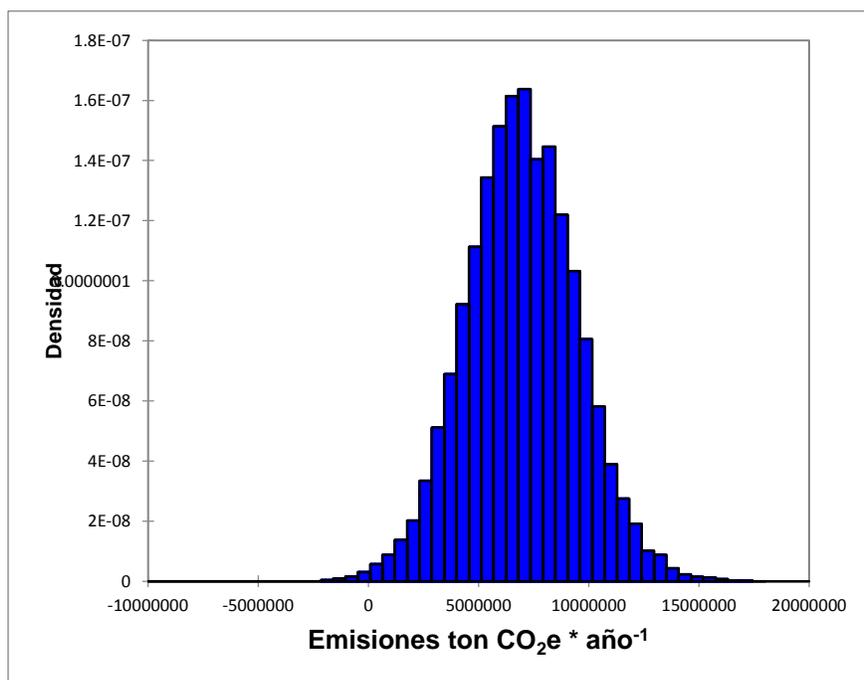


Figura 15: Distribución de frecuencias de las iteraciones de Monte Carlo para la estimación de la incertidumbre del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

Tabla 34: Resultados del análisis de sensibilidad.

Parameter	Correlation	Contribution	Contribution
-----------	-------------	--------------	--------------

			(Absolute)
AD_BL-VNL	0.574	36.52%	36.52%
SR_B	-0.366	-14.84%	14.84%
SCMej_BL	0.347	13.37%	13.37%
SCDeg_BL	0.266	7.86%	7.86%
AD_BS-VNL	0.259	7.43%	7.43%
AD_BL-VL	0.211	4.95%	4.95%
EF_BL-VNL	0.201	4.48%	4.48%
AD_BS-VL	0.145	2.33%	2.33%
SCDeg_C	0.115	1.47%	1.47%
Other distributions			6.74%

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 a 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 la comparación de 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. Para la siguiente comunicación nacional el MARN pretende incorporar los datos presentados en este NREF/NRF para actualizar el INGEI y así garantizar la consistencia entre los reportes del Gobierno de la República Dominicana.

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 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 dos aspectos: 1) aumento de la intensidad de muestreo de puntos de verificación multitemporales, 2) el uso de mapas bienales derivados de imágenes satelitales (productos entregados por la empresa Terrapulse). Las mejoras en los datos de la actividad histórica se refieren al uso de datos de referencia que tengan una resolución espacial y temporal mayor que la utilizada en este FREL/FRL. Los métodos que se utilizarán para estimar las transiciones de LC están en línea con las directrices del IPCC y GFOI. Las mejoras que se aplican para los factores de emisión se refieren principalmente mejorar las estimaciones e emisiones de carbono

orgánico de suelo, estimación de factores de emisión separados para bosque secundario y primario y las tasas de remoción en biomasa viva en vegetación secundaria.

6.1. Mejoras en datos de actividad

6.1.1. Validación de los mapas entregados por Terrapulse.

TerraPulse desarrolló y aplicó algoritmos de extracción de datos y aprendizaje automático a grandes volúmenes de imágenes satelitales para monitorear la deforestación, la reforestación, la degradación y la recuperación forestal, en base a 4 categorías de cobertura de copas: bosque intacto (> 85% de cobertura), bosque degradado (entre 60-85% de cobertura), bosque severamente degradado (entre 30-60% de cobertura) y áreas no-bosque (<30% de cobertura). Estos algoritmos se utilizaron para proporcionar a la República Dominicana mapas anuales de pared a pared de 2001 a 2018, cada uno con una resolución de píxeles de 30 * 30 m y cada uno con una estimación de probabilidad de certeza para cada píxel del mapa de resultados. Los siguientes mapas fueron entregados a la República Dominicana:

1. Píxeles que fueron deforestados entre 2001 y 2018 y mapas anuales de probabilidad de certeza
2. Píxeles que fueron reforestados entre 2001 y 2018 y su probabilidad de certeza.
3. Cobertura promedio de cada clase para los períodos 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015 y 2016-2018, utilizando los valores tomados de todos los píxeles durante el período.
4. Píxeles con > 30% de cobertura del dosel y su probabilidad de certeza (representando todos los bosques muy degradados, degradados e intactos)
5. Píxeles con > 60% de cobertura del dosel y su probabilidad de certeza (representando todos los bosques degradados e intactos)
6. Píxeles con > 85% de cobertura del dosel y su probabilidad de certeza (representando todo los bosques intactos).

La deforestación, la reforestación, la degradación y la recuperación del bosque (teniendo en cuenta las dos clases de degradación y recuperación) se estiman anualmente de 2001 a 2018, en función de la cobertura del dosel y la probabilidad de cambio en la cobertura de un año a otro (considerando solo aquellos píxeles con > 90% de probabilidad de tener una cubierta forestal superior al 30%). De estos mapas se generaron matrices de cambios bi-anales para el período de 2006 a 2015 entre las 4 categorías y, posteriormente, estos cambios se convirtieron en tipos cambio de uso de suelo, superponiendo el mapa de píxeles con el mapa de uso del suelo de 2015 u otros mapas disponibles. Se espera que el proceso ofrezca un mapeo y monitoreo consistente a largo plazo de la cubierta forestal y que permita la recuperación de escenarios históricos de referencia de los registros satelitales, así como la detección de deforestación, degradación y crecimiento a lo largo del tiempo. Como primer paso, los productos requieren la validación de los resultados.

Para validar el mapa de cambio de cobertura terrestre producido con datos de Terrapulse, se ha establecido una cuadrícula sistemática de 7,697 puntos de muestreo (cuadrícula de 2.5 * 2.5 km) (ver Figura 16). Cada punto representa un píxel con datos de Terrapulse de 2001 a 2015 que se reclasifica de la siguiente manera (utilizando los datos de Terrapulse de los años 2001, 2003, 2005, 2007, 2009, 2011, 2013 y 2015):

1. Bosque intacto (1,429 puntos): píxel que se clasifica como bosque en todos los años entre 2001 y 2015.
2. Bosque secundario (925 puntos): esta clase se refiere a un píxel que se clasifica como bosque en 2015 y no bosque en 2001 o posterior (la edad del bosque secundario se determinará a partir de la serie temporal).
3. Deforestación del bosque intacto (86 puntos): píxel que se clasifica como bosque en 2001 y 2006 y no bosque en 2015. El año de deforestación se determinará a partir de la serie temporal.
4. Deforestación de bosque secundario (513 puntos): píxel que se clasifica como no bosque en 2001, bosque entre 2002 y 2014 y no bosque en 2015. Comienzo y fin del año del bosque a determinar a partir de la serie temporal.
5. Temporalmente (no) cubierto por bosque (708 puntos): píxel que se clasifica como bosque en 2006 y 2015, pero no bosque en (algunos) años intermedios o píxel que se clasifica como no bosque en 2006 y 2015 y bosque en (algunos) años en el medio. Los años de cambio serán anotados. Estos píxeles se enmascararán para tener en cuenta las emisiones o absorciones de acuerdo con el estado del píxel al final del período de referencia y al inicio y al final de ERPA.
6. No bosque (3.919 puntos): píxel que se clasifica como no bosque entre 2006 y 2015.
7. Agua (117 puntos): píxel que se clasifica como agua entre 2006 y 2015.

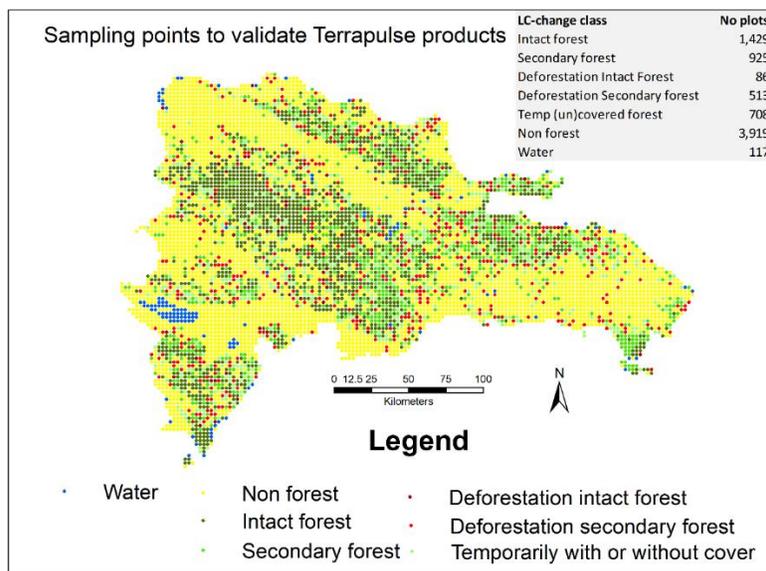


Figura 16: Mapa que muestra la distribución de los puntos de muestreo y su clase de cambio, que se utilizará para validar los mapas de cambio de Terrapulse 2006-2015.

Cada píxel se validará visualmente con imágenes de alta resolución disponibles en Google Earth dentro de la plataforma Earth Collect, utilizando un protocolo estandarizado (consulte los detalles https://www.dropbox.com/sh/432ed5r8daoticd/AABVBrA_DqS9jsRsNSkLKYg9a?dl=0).

Todos los píxeles que muestran un cambio durante 2006-2015 (LC, deforestación, píxeles temporalmente con o sin cobertura forestal y bosque secundario) serán revisados posteriormente para

determinar el área de cambio. Dentro de una máscara de una hectárea se establece una cuadrícula de 7 * 7 puntos (49 en total), para determinar el % de cambio (teniendo en cuenta que cada punto representa aproximadamente el 2% del área). Se registrará para cada cuadrícula de una hectárea el tipo de transición que se observa en los 49 puntos y la cantidad de puntos que transitan de una clase a otra, incluido el año de transición.

Se utilizará el procedimiento de estimación de incertidumbre, descrito por Olofsson (2014), para determinar los niveles de incertidumbre de todas las transiciones. Finalmente, en seguida se establece el procedimiento que se aplicará para estimar las transiciones y sus incertidumbres para el nivel de referencia mejorado la selección de información (muestreo y/o mapas de Terrapulse), que a su vez dependerá de la validación de los productos Terrapulse con la información generada:

Opción 1. Los datos de Terrapulse muestran un bajo nivel de incertidumbre en las estimaciones de las áreas estables y las transiciones (las estimaciones de Terrapulse de las siete clases estables y de transición caen dentro del intervalo de confianza del 90% de los rangos estimados derivados de los píxeles de muestreo). Los datos bienales de la cobertura de la tierra y el cambio de la cobertura de la tierra se derivarán directamente de los mapas de cobertura de la tierra Terrapulse y se utilizarán matrices de transición bienales para estimar el nivel de referencia mejorado. Las emisiones y absorciones debidas a la degradación y la recuperación del dosel en el bosque remanente del bosque se determinarán por separado de las tres series de coberturas del dosel desarrolladas por Terrapulse y se estimará su incertidumbre, utilizando los 2.083 puntos de datos establecidos ya para este propósito. Las incertidumbres de las clases estables se determinarán a partir del procedimiento de validación de píxeles y el análisis de puntos 7 * 7 se utilizará para estimar la incertidumbre de las clases de transición.

Opción 2. Las estimaciones de Terrapulse de clases estables caen dentro del intervalo de confianza de las estimaciones basadas en el muestreo, pero las transiciones LC muestran altos niveles de incertidumbre en la estimación del cambio (las estimaciones de Terrapulse de los cambios caen fuera del intervalo de confianza del 90% de los cambios estimados de los píxeles de muestreo). En este caso, las clases estables bi-anales se derivarán de los datos de Terrapulse y todas las transiciones LC bi-anales se estimarán a partir de los píxeles de muestreo y el análisis de ventana de cuadrícula de 7 * 7 puntos. Las emisiones y absorciones debidas a la degradación y la recuperación del dosel en el bosque remanente del bosque se determinarán por separado de las tres series de cobertura del dosel desarrolladas por Terrapulse y se estimará su incertidumbre, utilizando los 2.083 puntos de datos establecidos ya para este propósito.

Opción 3. Todas las estimaciones de transiciones LC y clases estables basadas en datos de Terrapulse quedan fuera de los intervalos de confianza de las estimaciones basadas en muestreo. En este caso solo se utilizarán estimaciones basadas en el muestreo para calcular el nivel de referencia y las incertidumbres asociadas, y se descartarán todos los datos de Terrapulse. Las estimaciones de área del NERD/NRF se actualizarán con las estimaciones de los 7,697 píxeles y las estimaciones de 7 * 7 puntos de las transiciones y los intervalos de confianza estimados. Las matrices de cambio bi-anales se derivarán del procedimiento de muestreo (7,697 píxeles y ventanas de cuadrícula de 7 * 7 puntos), donde se registran años de transiciones para cada píxel. En caso de que las incertidumbres sean altas, intensificaremos el número de puntos de muestreo utilizando los datos de Terrapulse u otros mapas de cambio como base para estratificar los puntos de muestreo adicionales. Las emisiones y absorciones debidas a la degradación y la recuperación del dosel en el bosque remanente del bosque se

determinarán por separado de las tres series de coberturas del dosel desarrolladas por Terrapulse y se estimará su incertidumbre, utilizando los 2.083 puntos de datos establecidos ya para este propósito.

VI.2 Mejoras en factores de emisión.

- a. Monitoreo y factores de emisión del carbono orgánico del suelo utilizando un enfoque metodológico considerablemente mejorado, especialmente dada la importancia del carbono del suelo en los manglares.**

Las mejoras para monitorear y estimar los factores de emisión de la materia orgánica del suelo debido a la deforestación son dobles: 1) una estratificación de las parcelas de inventario, de acuerdo con los principales tipos de suelo y 2) aumentar el número de parcelas de inventario, particularmente el número de parcelas en vegetación no-leñosa, como cultivos anuales y plantaciones de caña de azúcar. La República Dominicana está muy interesada en mantener el carbono orgánico del suelo en los procedimientos de monitoreo, aunque los cambios en el COS como reserva de carbono solo se utilizarán para estimar las emisiones y las ER por la deforestación. Para mejorar las estimaciones de las emisiones de carbono orgánico del suelo debido a la deforestación, todas las parcelas de los inventarios se estratificarán según el tipo de suelo y la cobertura del suelo. Se inventariarán parcelas adicionales utilizando la misma metodología aplicada en el Inventario Forestal Nacional (NFI) y "Evaluación del contenido de biomasa y carbono en la cubierta no forestal en la República Dominicana" (ISNB).

Las nuevas parcelas se establecerán en usos de la tierra no madereros, principalmente cultivos anuales y caña de azúcar. Para cada parcela de muestreo, el historial de uso de la tierra de la parcela se determinará entrevistando al propietario y, cuando sea posible, validado con imágenes satelitales. El contenido de carbono orgánico del suelo de las parcelas agrícolas se comparará con el COS de las parcelas forestales y agroforestales cercanas, para estimar el cambio y, donde se conoce la historia, la tasa de cambio. Se generarán grupos de parcelas de menos de 10 km de distancia con parcelas de NFI, ISNB y usos de la tierra no madereros (ver Figura 2). Esperamos tipos de suelo y condiciones ambientales similares dentro de cada grupo, dejando el uso de la tierra y la cobertura como la variable principal que explica las diferencias en el COS. Estas parcelas se separarán aún más según el tipo de suelo, utilizando la siguiente distribución de parcelas (Tabla 1):

Tabla 1. Número de parcelas forestales, agroforestales y agrícolas (por inventariar) en cada tipo de suelo principal.

Tipos de suelo de la RD	Número de parcelas para inventariar			
	Ha	NFI	ISNB	Parcelas agrícolas (nuevos)
Ciénagas (manglar)	58,155	46		10
Suelos Aluviales Recientes	265,544	14	4	10
Suelos de Origen Calcáreo	1,553,330	137	38	36
Suelos de Origen Ígneo, Volcánico y Metamórfico	574,518	46	13	13
Suelos de Sabana	449,091	13	6	11

Terrenos Escabrosos de Montaña	1,599,240	153	51	40
Total general	4,499,878	409	112	120

b. Estimación de factores de emisión separados para bosque secundario y primario.

En función de la información proporcionada por Terrapulse, cada píxel del bosque se subdividirá en cinco categorías:

- Bosque intacto (> 85% de cobertura de copa)
- Bosque degradado (60-85% de cobertura de copa)
- Bosque altamente degradado (30-60% de cobertura de copa)
- Bosque secundario (áreas que no son forestales en 2001 y forestales en 2015).
- Cultivos sombreados por árboles (derivados de mapas con cultivos permanentes de árboles, disponibles en el Ministerio Ambiente).

Los factores de emisión para cada categoría y tipo de bosque se determinarán en dos fases:

1. Todas las parcelas de inventario forestal se clasificarán en una de las cuatro categorías, basadas enteramente en datos de Terrapulse, y el contenido de carbono de cada parcela se derivará directamente de la base de datos NFI (promedio y 90% CI, ver Figura 6). El incremento medio anual del bosque secundario (tC / ha / año) se estimará dividiendo la biomasa en pie por la edad determinada a partir de los datos de Terrapulse.

2. En 2020 se inventariarán una serie de un máximo de 50 parcelas secundarias y la edad se determinará a partir de diferentes fuentes: entrevistas e información satelital e información secundaria. La biomasa en pie de esas parcelas se dividirá por edad para estimar la tasa media de incremento anual (tC (ha / año)). Estas parcelas se volverán a medir con el tiempo para estimar los incrementos anuales actuales en relación con la edad.

Aplicando el procedimiento explicado anteriormente para separar las parcelas de inventario en las cinco categorías, la biomasa aérea muestra una disminución constante de la biomasa de bosque intacto a bosque altamente degradado y secundario para los tres tipos de bosque y la biomasa en bosque intacto también es más alta que la biomasa en el cultivo de árboles (café, cacao y todos juntos (Figura ..), particularmente teniendo en cuenta la biomasa del bosque latifoliado intacto (B lat INT). Los datos muestran que los cultivos arbóreos cultivados tienen densidades de biomasa similares a las del bosque latifoliado degradado pero más bajas que las intactas) bosque de hoja ancha (esto responde a un comentario de uno de los países del CF que se planteó sobre los datos presentados en el ERPD, donde la biomasa en la agro silvicultura parece ser mayor que en el bosque).

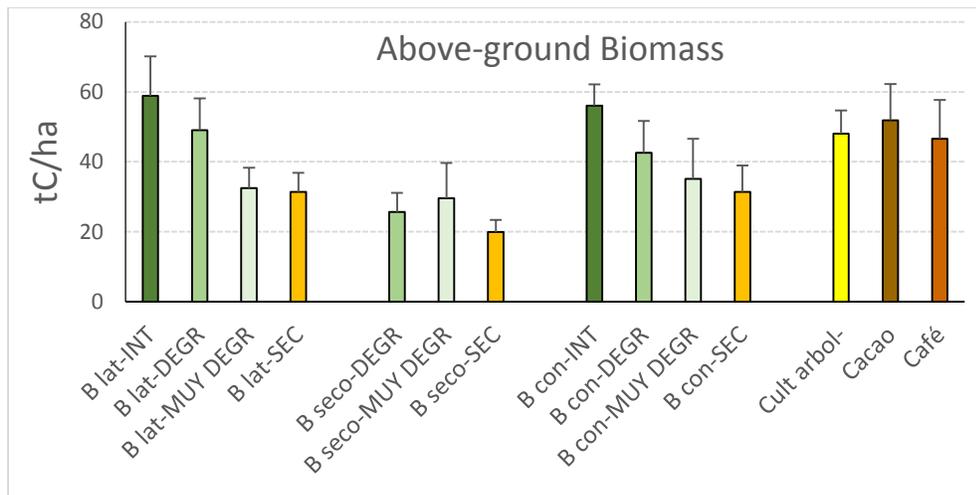


Figura 17: La biomasa aérea en cada tipo de bosque, separada en bosque intacto (INT), degradado (DEGR), muy degradado (MUY DEGR) y secundario (SEC). B lat = bosque de hoja ancha, incluyendo manglar; B seco = bosque seco; B con = bosque de coníferas; Cult arbol = Cultivo de árboles.

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. (2015, Marzo). *Zonas de vida según Holdridge para Centroamérica y República Dominicana*. Retrieved from <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 35thSt 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. Retrieved from <http://doi.org/10.1007/s004420050201>

- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrguez, 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. Retrieved from <http://doi.org/10.1111/gcb.12629>
- Dirección de Información Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). República Dominicana .
- Disla, T. (2019, Diciembre). Directora de Gestión de Proyectos. Viceministerio de Recursos Forestales, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (L. Rodríguez, Interviewer)
- FAO. (2016). Map Accuracy Assessment and Area Estimation Map Accuracy Assessment and Area Estimation: *A Practical Guide*, (46), 69. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i5601e.pdf>.
- FAO. (2018, Junio 19). *Invertir en la Tierra para evitar la degradación y la sequía*. Retrieved from FAO en República Dominicana: <http://www.fao.org/republica-dominicana/noticias/detail-events/es/c/1141830/>
- 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*. Retrieved from 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.
- Instituto Cartográfico Militar de la República Dominicana. (2005). *Mapa Geográfico Administrativo*. Retrieved from <http://icm.mil.do/productos/mapa-geografico-administrativos/>
- IPCC. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). Retrieved from https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/gpplulucf/gpplulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf
- 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.
- Medina, D. (2017, Enero 19). Decreto No. 10-17. *Decreto*. Santo Domingo de Guzmán, Distrito Nacional, República Dominicana.
- 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. (2012, Marzo). *Atlas de Biodiversidad y Recursos Naturales de la República Dominicana*. Santo Domingo. Retrieved from <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*. Retrieved from *Áreas Protegidas de la República Dominicana*: <https://ambiente.gob.do/areas-protegidas/>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019b). *Cuencas Hidrográficas*. Retrieved from <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. Retrieved from <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. (2017, Marzo 22). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo República Dominicana*. Retrieved from https://www.do.undp.org/content/dominican_republic/es/home/ourperspective/ourperspective/articles/2017/03/22/ecosistemas-forestales-recurso-clave-en-la-lucha-contra-el-cambio-climatico-mario-peir-.html
- Portal de Datos Abiertos Gob RD. (2016). *Ecosistemas Costeros y Marinos, MIMARENA, 2016*. Retrieved from <http://datos.gob.do/dataset/ecosistemas-costeros-marino>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, P. (2015). *undp.org*. Retrieved from <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-15-life-on-land.html>
- Sánchez, P. (2019, Diciembre). Ingeniero Agrónomo, Viceministerio de Suelos y Agua, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (L. Rodríguez, Interviewer)
- 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. Retrieved from <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*, pp. 28(5), 483-495. Retrieved from <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.