



GOBIERNO NACIONAL
★ CON PASO FIRME ★
MINISTERIO DE AMBIENTE

Nivel de Referencia Forestal de Panamá

NRF 2025



Nivel de Referencia Forestal de Panamá

Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE)

Juan Carlos Navarro - Ministro de Ambiente

Oscar Vallarino - Viceministro de Ambiente

Juan Carlos Monterrey- Representante Especial para el Cambio Climático

Carlos Espinosa - Director Forestal

Javier Martínez - Jefe de Mitigación de la Dirección de Cambio Climático

Equipo técnico de MiAMBIENTE

Yoisy B. Castillo - Dirección de Cambio Climático

Abigail Ábrego - Dirección de Cambio Climático

Eric Rodríguez - Dirección Forestal

Victor Corro - Dirección Forestal

Carlos Gómez - Dirección Forestal

Nivardo Ibarra - Dirección de Información Ambiental

Equipo técnico apoyo externo Coalición de países con Bosques Tropicales (CfRN)

Marcial Arias Medina

Eduardo Reyes

Milena Niño

Alphonse Bizimana

El presente documento ha sido elaborado con el apoyo técnico de la Coalición para las Naciones con Bosques Tropicales (CfRN, por sus siglas en inglés), de manera conjunta con el Ministerio de Ambiente de Panamá (MiAMBIENTE). El contenido de este documento es responsabilidad exclusiva del autor y no puede de modo alguno considerarse como un reflejo de la opinión de CfRN.

Cómo citar este documento: MiAMBIENTE, 2025. Nivel de Referencia Forestal de Panamá, [114] páginas.

Fotografía de portada: MiAMBIENTE.

AGRADECIMIENTOS

Para la elaboración de este documento se contó con el apoyo económico y técnico de CfrN, De igual forma, agradece la contribución de la Dirección de Información Ambiental (DIAM), Dirección de Seguridad Hídrica, Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental (DIVEDA), Dirección Forestal del Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE), lo cual permitió contar con el apoyo de expertos para lograr los objetivos presentados en este informe. Igualmente, se recibió apoyo de la Autoridad del Canal de Panamá para el desarrollo del levantamiento y colecta de datos de actividad geoespaciales.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ABREVIATURAS	9
INTRODUCCIÓN AL NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL (NRF).....	11
<i>NRF 2018.....</i>	<i>11</i>
<i>NRF 2022.....</i>	<i>11</i>
<i>NRF 2025.....</i>	<i>11</i>
1. SECCIÓN 1: SOBRE PANAMÁ.....	13
<i>1.1. Superficie y división política</i>	<i>13</i>
<i>1.2. Áreas Protegidas.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3. Demografía.....</i>	<i>14</i>
<i>1.4. Hidrografía y Clima.....</i>	<i>14</i>
2. SECCIÓN 2: DESCRIPCIONES DE POLÍTICAS Y PLANES RELEVANTES	16
<i>2.1. Arreglos Institucionales.....</i>	<i>16</i>
<i>2.2. Panamá Natural (Plan estratégico 2024-2029).....</i>	<i>19</i>
<i>2.3. Marco legal.....</i>	<i>20</i>
3. SECCIÓN 3. MARCO METODOLÓGICO.....	23
<i>3.1. Consistencia con el inventario nacional de GEI</i>	<i>23</i>
<i>3.2. Mejoras implementadas con respecto al NRF anterior</i>	<i>25</i>
<i>3.3. Escala</i>	<i>26</i>
<i>3.4. Definición de Bosque</i>	<i>26</i>
<i>3.5. Categorías de Uso de la Tierra Según El IPCC.....</i>	<i>27</i>
<i> 3.5.1. Esquema de clasificación de usos de la tierra</i>	<i>27</i>
<i> 3.5.2. Recategorización para el Nivel de Referencia Forestal (NRF).....</i>	<i>36</i>
<i>3.6. Metodología aplicada a las Actividades REDD+.....</i>	<i>37</i>
<i>3.7. Recopilación y Procesamiento de Datos.....</i>	<i>52</i>
<i>3.8. Datos de actividad para usos y cambios de uso de la tierra</i>	<i>66</i>
<i>3.9. Procesamiento de datos del Mapatón para la estimación de áreas (DA).....</i>	<i>73</i>

3.10.	Metodología para las estimaciones de emisiones	75
3.10.1.	<i>Cambio en las existencias de carbono de la biomasa (biomasa aérea y subterránea)</i>	75
3.10.2.	<i>Cambios de las existencias de carbono en materia orgánica muerta (MOM)</i>	93
3.10.3.	<i>Cambios en la existencia de carbono en hojarasca</i>	94
3.10.4.	<i>Cambios en la existencia de Carbono orgánico del suelo</i>	95
3.11.	Control de Calidad de los cálculos de emisiones y remociones de CO2 eq. 100	
4.	SECCIÓN 4. RESULTADOS	100
4.1.	<i>RESULTADOS DE DATOS DE ACTIVIDAD-USOS Y CAMBIOS DE USO DE LA TIERRA</i>	100
4.2.	<i>RESULTADOS DE EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI POR ACTIVIDAD ...</i>	103
4.2.1.	<i>'Drivers' de cambios de uso de la tierra</i>	103
4.2.2.	<i>Emisiones y absorciones por actividades REDD+</i>	104
4.2.3.	<i>Nivel de Referencia Forestal (NRF)</i>	107
5.	SECCIÓN 5: PLAN DE MEJORA.....	109
	REFERENCIAS	110
	ANEXOS.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales grupos y partes interesadas	16
Tabla 2. Políticas y planes ambientales y de acción climática.....	17
Tabla 3. Comparativa de conceptos entre el NRF y el INGEI del 1BT	23
Tabla 4. Mejoras metodológicas implementadas con respecto al NRF 2022	25
Tabla 5. Categorías utilizadas en el proceso de fotointerpretación y clasificación de tierras Mapatón 2024	28
Tabla 6. Distinción de bosques por medio de imágenes satelitales	32
Tabla 7. Recategorización para el Nivel de Referencia Forestal.....	36
Tabla 8. Descripción de las actividades REDD+ y su aplicación en el nuevo NRF.....	38
Tabla 9. Análisis comparativo entre las emisiones totales derivadas del consumo de leña y el total de emisiones del NRF	43
Tabla 10. Distinción por medio de imágenes satelitales.....	45
Tabla 11. Unidades de muestreo del primer ciclo del INFC.....	53
Tabla 12. Valores de densidad y fracción de carbono para los tocones en función de su descomposición	61
Tabla 13. Valores de densidad y fracción de carbono para madera muerta caída en función de su descomposición	62
Tabla 14. Contenidos de humedad.....	63
Tabla 15. Factores de ajuste.....	65
Tabla 16. Reservorios de carbono estimados para el INFC. Datos de contenido de carbono promedio con un intervalo de confianza de 95%	66
Tabla 17. Categorización de los usos de la tierra en el Mapatón 2024.....	72
Tabla 18. Reservorios de carbono incluidos en el NRF de Panamá.....	76
Tabla 19. Superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra.....	78
Tabla 20. Fracción de carbono de materia seca.....	79
Tabla 21. Relación entre la biomasa aérea y subterránea (R) en toneladas de materia seca de raíz por tonelada de materia seca (tdm raíz. Tedm-1).....	80
Tabla 22. Promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea Gw (t.d.m/ha)	80
Tabla 23. Remociones anuales de madera, rollizos. Volumen Anual de Madera Aprovechada (Tierras Forestales)	82

Tabla 24. Volumen anual de remoción de madera combustible de partes de árboles (FG_{parte})..... 83

Tabla 25. Superficie afectada por perturbaciones 84

Tabla 26. Datos de incendios forestales 2016-2020 85

Tabla 27. Biomasa aérea promedio de superficies de tierras forestales..... 86

Tabla 28. Fracción de biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones en incendios, tala, agricultura itinerante (fd) 86

Tabla 29. Fracción de Biomasa perdida en el disturbio (fd) 87

Tabla 30. Superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra y/o convertidas en otra categoría o subcategoría..... 88

Tabla 31. Superficie de tierra que se convierte a otra categoría de uso de la tierra . 89

Tabla 32. Estimación de Biomasa después de la Conversión (Ganancias) 92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. División político-administrativo de la República de Panamá.....	14
Figura 2. Distribución de las UM para el INFC.....	53
Figura 3. Estrato de bosque, agrupando las unidades de muestreo en las categorías de bosques del mapa de cobertura y uso de la tierra 2012	54
Figura 4. Red de unidades de muestreo filtradas.....	55
Figura 5. Bloques para la selección de muestras para el estrato bosque	55
Figura 6. Detalle del diseño de la UM, parcela y subparcelas anidadas utilizadas en el INFC.....	56
Figura 7. Pasos para el levantamiento de los datos de actividad geo espaciales del nuevo NRF de Panamá	67
Figura 8. Vista de la malla sistemática de 1.5 x 1.5 km a nivel nacional	68
Figura 9. Vista de algunas coordenadas de las parcelas por foto interpretar	69
Figura 10. Vista de la encuesta sistematizada en LuApp.....	70
Figura 11. Vista de los datos descargados de la fotointerpretación en el Mapatón 2024.....	74
Figura 12. Vista del FSOCmap de la FAO	97
Figura 13. Vista de la clasificación en Panamá.....	98
Figura 14. Resultados de datos de actividad para años 2015-2016	101
Figura 15. Resultados de datos de actividad para años 2016-2017	101
Figura 16. Resultados de datos de actividad para años 2017-2018	102
Figura 17. Resultados de datos de actividad para años 2018-2019.....	102
Figura 18. Resultados de datos de actividad para años 2019-2020	103
Figura 19. Datos provenientes de las matrices de UTCUTS 2016-2020.....	103
Figura 20. Emisiones y absorciones por actividad REDD+	105
Figura 21. Emisiones y remociones por categorías NRF 2016-2020	106
Figura 22. Nivel de Referencia Forestal en toneladas de CO ₂ equivalente	108

ABREVIATURAS

1IBT	Primer Informe Bienal de Transparencia
2IBA	Segundo Informe Bienal de Actualización
AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Usos de Suelo, por sus siglas en inglés
ASAC	Agricultura Sostenible Adaptada al Clima
BA	Biomasa Aérea
BS	Biomasa Subterránea
BT	Biomasa Total
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CDN	Contribución Determinada a Nivel Nacional
CED	Collect Earth Desktop
CEO	Collect Earth Online
CH₄	Metano
CICCSA	Comité Interinstitucional de Cambio Climático para el Sector Agropecuario
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO₂	Dióxido de Carbono
CONACCP	Comité Nacional de Cambio Climático de Panamá
COP	Conferencia de Las Partes
CUT	Cobertura y Uso de la Tierra
DAP	Diámetro a la Altura del Pecho
DIFOR	Dirección Forestal del Ministerio de Ambiente
DIN	Documento de Inventario Nacional
DIVEDA	Dirección de Verificación y Desempeño Ambiental
EE	Emisiones Estimadas
EPANB	Estrategia y Plan de Acción Nacional de Biodiversidad
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FE	Factor de Expansión
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GSOCmap	Global Soil Organic Carbon Map
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
H	Altura de los individuos

HWSD	Harmonized World Soil Database
IBA	Informe Bienal de Actualización
IBT	Informe Bienal de Transparencia
IFNC	Inventario Forestal Nacional y de Carbono
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censo
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
ITPS	Panel Técnico Intergubernamental sobre Suelos
LuA App	Land Use Assessment App
MRV	Medición, Reporte y Verificación
MiAMBIENTE	Ministerio de Ambiente de Panamá
MIDA	Ministerio de Desarrollo Agropecuario
N₂O	Óxido nitroso
NREF	Niveles de Referencia de Emisiones Forestales
NRF	Nivel de Referencia Forestal
PCG	Potencial de Calentamiento Global
PNCC	Política Nacional de Cambio Climático
PNCSSA	Plan Nacional de Cambio Climático para el Sector Agropecuario
PNRF	Programa Nacional de Restauración Forestal
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación
SINAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
SOC	Carbono orgánico del suelo
SSINGEI	Sistema Sostenible de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero
t CO₂ eq/año	Toneladas de dióxido de carbono equivalente por año
t.d.m	Toneladas de materia seca
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura
WWF	World Wildlife Fund for Nature

INTRODUCCIÓN AL NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL (NRF)

En 1995, la República de Panamá ratificó plenamente la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) por medio de la Ley No. 10 del 12 de abril de 1995 y la aprobación del Acuerdo de París, el 29 de diciembre del 2020, se presentó a la Secretaría de la CMNUCC. Partiendo de este fundamento, el país siempre ha buscado de la forma contribuir a los esfuerzos globales de lucha contra el cambio climática, y sumarse a la meta de limitar el aumento de la temperatura global por encima de los 1.5°. Al ser un país rico en cobertura boscosa, y biodiverso, Panamá ha transitado un largo trayecto para lograr incursionar en las opciones de mitigación dentro el marco del mecanismo de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+) de la CMNUCC.

De manera introductoria, Panamá ha realizado tres entregas de Niveles de Referencia Forestal (NRF) de la siguiente forma:

NRF 2018

Panamá realizó la entrega de su primer NRF en el año 2018, el cual abarcó las cinco actividades incluidas en la decisión 1/CP.16, párrafo 70. El NRF final evaluado fue de **-27,735,675.t CO₂ eq/año** para el período de referencia **2000-2015**. El equipo de evaluación consideró que los datos y la información utilizados por Panamá para construir su NRF fueron transparentes, completos y consistentes con las directrices. Sin embargo, como parte de una práctica de mejora continua, se identificaron algunas áreas de oportunidad para futuros desarrollos.

NRF 2022

En el 2022, Panamá vuelve a presentar su NRF ante la secretaría de la Convención, el cual comprendió todo el territorio nacional y resultó **-20,433,129.66 tCO₂ eq/año** para el período de referencia **2006-2015**. El equipo de evaluación consideró que los datos y la información utilizados por Panamá son generalmente transparentes, completos y consistentes con las directrices.

NRF 2025

Finalmente, la República de Panamá, a través del Ministerio de Ambiente, presenta voluntariamente ante la CMNUCC su nuevo NRF, correspondiente al período **2016-2020**. Este documento ha sido elaborado de conformidad con las modalidades y directrices establecidas en la decisión 12/CP.17 Sección II y su Anexo, así como con las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático del 2006 (IPCC, 2006), y en respuesta a la invitación de la CMNUCC de conformidad con las decisiones 9/CP.19, 14/CP.19 y el Artículo 5, párrafo 2 del Acuerdo de París, con el fin de ser revisado técnicamente según lo dispuesto en la decisión 13/CP.19 de la CMNUCC.

Este documento emplea **un enfoque escalonado** ('step-wise approach') que prioriza la mejora continua en la recopilación y análisis de datos, permitiendo ajustar las estrategias de monitoreo y reporte de emisiones. El objetivo es proporcionar una base sólida para la implementación efectiva de actividades REDD+, con un enfoque específico en la reducción de emisiones, incremento de absorciones, y generación de resultados verificables.

A partir de esta información, Panamá establece un valor de **-17,940,747.02 t CO₂ eq/año.** Este valor, correspondiente al promedio histórico de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y absorciones de CO₂ durante el período 2016-2020, es negativo debido a la significativa contribución de los bosques maduros, secundarios, manglares y plantaciones forestales del país."

Como parte de la implementación de sus actividades REDD+, el país espera reducir emisiones y aumentar las absorciones con el fin de generar resultados REDD+ que puedan convertirse en pagos por resultados. A su vez en este reporte se desglosará el NRF por actividades REDD+ y sus respectivas emisiones y remociones, brindando mayor claridad para enfocar los esfuerzos y medir el rendimiento de cada una de estas actividades.

1. SECCIÓN 1: SOBRE PANAMÁ

1.1. Superficie y división política

El territorio de Panamá comprende de 75,517¹ km² y 200 millas náuticas, que comprende superficie continental e insular. La Constitución Política de la República de Panamá² en su Artículo 5 establece que el territorio del Estado panameño se divide políticamente en provincias, distritos y corregimientos. En la actualidad, la división político-administrativa (Figura 1). está comprendida por diez provincias, 81 distritos o municipios, tres comarcas con categoría de provincia (Guna Yala, Emberá, Ngäbe-Buglé) –ya que cuentan con un gobernador comarcal–, y dos con categoría de corregimiento (Guna de Madugandí en el distrito de Chepo y Guna de Wargandí en el distrito de Pinogana). Se cuenta con un total de 679 corregimientos en todo el territorio nacional (INEC, 2019). El área utilizada para las estimaciones del NRF fue de **75,532,583.4** km², siendo esta la capa proveniente del Instituto de Estadística y Censos de Panamá (INEC), adscrito a la Contraloría General. El Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia aún está actualizando la capa de superficie total del país (no disponible en el momento en que se preparó el NRF). La diferencia de cifras se debe a que periódicamente el Instituto Tommy Guardia actualiza las líneas fronterizas y la línea de costa.

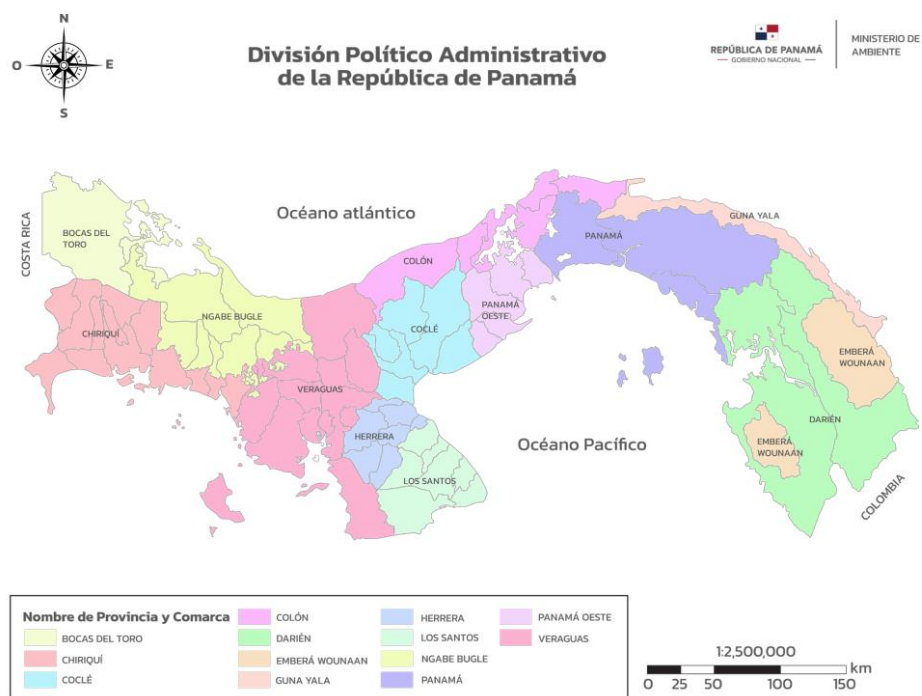
1.2. Áreas Protegidas

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) de Panamá está integrado por 26 categorías de manejo, algunas de reconocimiento nacional como: parques nacionales, terrestres y marinos, bosques protectores y refugios de vida silvestre, y otras de reconocimiento internacional como: sitios de patrimonio mundial, reservas de la biosfera y los humedales de importancia internacional. Para el 2024, se contó con 152 áreas protegidas, con una superficie aproximada de 20,819,611.79 de hectáreas de superficie terrestre, lo que equivale casi al 40.08 % del territorio nacional (MiAMBIENTE, 2024). El SINAP se crea mediante la Ley 41 General de AMBIENTE de 1998, y se enfatiza con la creación del Ministerio de Ambiente en la Ley No. 8 de 25 de marzo de 2015.

¹ <https://www.inec.gob.pa/archivos/p28811.pdf>

² Constitución Política de la República de Panamá de 1972, reformada por los actos reformativos de 1978, el acto constitucional de 1983, los actos legislativos No 1 de 1993 y No 2 de 1994 y el acto legislativo No 1 de 27 de julio de 2004.

Figura 1. División político-administrativo de la República de Panamá



Fuente: Cuarta Comunicación Nacional, Ministerio de Ambiente, 2023.

1.3. Demografía

En la última década, la población de Panamá ha experimentado un notable crecimiento, pasando de 3,405,813 en 2010 a 4,064,780 en 2023, según el Censo 2024. Esto representa un aumento de 658,967 personas en un período de trece años. La provincia de Panamá continúa siendo la más poblada, con el 35.4% de la población total, aunque ha registrado una tasa de crecimiento anual promedio negativa del -1.37%. Esta tendencia se debe en parte a la creación de la nueva provincia de Panamá Oeste, que ahora alberga el 16.1% de la población y ha tenido un crecimiento anual promedio del 2.7%. En términos absolutos, la población de Panamá Oeste aumentó en 12,116 personas, mientras que la provincia de Panamá perdió 8,874 habitantes. A nivel nacional, la densidad poblacional es de 54.6 habitantes por km², con una distribución equilibrada entre hombres y mujeres: 2,014,818 hombres y 2,049,962 mujeres, cada uno representando aproximadamente el 50% de la población total, según el INEC.

1.4. Hidrografía y Clima

Panamá se caracteriza por su extensa red hidrográfica, que está compuesta por 52 cuencas que recogen las aguas de aproximadamente 500 ríos, distribuidos entre las vertientes del Caribe y del Pacífico. La disposición de este sistema hídrico está influenciada por la geografía y el relieve del istmo. La vertiente del Pacífico abarca el 70% del territorio nacional y cuenta con 34 cuencas, donde fluyen 350 ríos. Entre estos, destacan los ríos Tuira, Chucunaque, Bayano, Santa María, Chiriquí Viejo, San Pablo, Tabasará y Chiriquí. En esta vertiente se

encuentran también dos cuencas internacionales: la del río Coto, que delimita la frontera entre Panamá y Costa Rica, y la del río Jurado, que separa a Panamá de Colombia. Por otro lado, la vertiente del Caribe ocupa el 30% del país e incluye 18 cuencas con un total de 150 ríos. Las cuencas más amplias en esta región son las del río Chagres, Changuinola y Sixaola, este último situado en la frontera entre Panamá y Costa Rica (IMHPA, s.f.).

De acuerdo con la Clasificación Ecológica de las Zonas de Vida establecidas por Holdridge para el planeta, el territorio nacional alberga 12 de 30 posibles zonas de vida³ (Tosi, 1971 citado por ANAM, 2014). Según el sistema de clasificación del World Wildlife Fund for Nature (WWF), que utiliza el concepto de ecorregiones, en Panamá están presentes 8 de las 200 ecorregiones mundialmente reconocidas⁴ (citado por ANAM, 2014) (MiAMBIENTE, 2018). En términos del proceso de acciones de mitigación del cambio climático para el sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) en Panamá existen instrumentos jurídicos, de planificación y de políticas, catalogados como indicadores manifiestos, vinculantes y relevantes.

Los valores de temperatura que se registran en Panamá responden a la posición geográfica del istmo, cuyas bajas latitudes lo ubican en regiones con clima tropical donde la temperatura disminuye alrededor de los 0.56 °C por cada 100 m de altitud (MiAMBIENTE, Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático CCNCC, 2023).

Más información relacionada a las descripciones de las circunstancias nacionales de Panamá se pueden encontrar en el Primer Informe Bienal de Transparencia de Panamá (Gobierno Nacional de la República de Panamá, 2024).

3 Las zonas de vida y su orden de cobertura que posee Panamá son: bosque húmedo tropical (32%), bosque muy húmedo premontano (18%), bosque muy húmedo tropical (13.4%), bosque pluvial premontano (12.6%), bosque seco tropical (7%), bosque húmedo premontano (3.5%), bosque pluvial montano bajo (3.2%), bosque seco premontano (3%), bosque húmedo montano bajo, bosque muy húmedo montano bajo, bosque muy húmedo montano y bosque pluvial montano. Ver Panamá Informe Ambiental 1999.

4 Las ecorregiones reconocidas para Panamá son: 1) Ecorregión de bosques húmedos de Talamanca, consideraba sobresaliente regionalmente, relativamente estable con alta prioridad de conservación a escala regional; 2) Ecorregión de bosques húmedos del Chocó, globalmente sobresalientes, con alta prioridad de conservación a escala regional y considerados vulnerables; 3) Ecorregión de bosques húmedos del lado Caribe, biorregionalmente sobresalientes, con moderada prioridad de conservación; 4) Ecorregión del complejo de manglares del Caribe, Pacífico y Ensenada de Panamá, considerados relativamente estables, con moderada prioridad de conservación a escala regional; 5) Ecorregión de bosques húmedos del Pacífico Panameño, considerados en peligro, biorregionalmente sobresalientes con alta prioridad de conservación a escala regional; 6) Ecorregión de bosques secos del Pacífico, en estado crítico, localmente importantes con moderada prioridad de conservación a escala regional y 7) Ecorregión de bosques montaños del centro de Panamá.

2. SECCIÓN 2: DESCRIPCIONES DE POLÍTICAS Y PLANES RELEVANTES

De acuerdo con el anexo de la Decisión 12/CP.17 de la CMNUCC, es necesario incorporar la descripción de las políticas y planes que pueden influir en el manejo de los recursos naturales (con énfasis en los bosques), el cambio de uso de la tierra, las acciones de conservación y protección de ecosistemas, y la implementación de medidas climáticas de mitigación y adaptación, así como el aumento de la resiliencia.

2.1. Arreglos Institucionales

Para comprender las políticas y planes relevantes, se presenta en la Tabla 1 un resumen de los principales grupos y partes interesadas que guardan relación con la formulación e implementación de estas políticas y planes, y que a su vez forman parte de los arreglos institucionales.

Tabla 1. Principales grupos y partes interesadas

Actor(es) regent(es)	Descripción
Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE)	Fue establecido por la Ley 8 del 25 de marzo de 2015, y su Artículo 1 lo designa como la entidad rectora en la protección, conservación, preservación y restauración del ambiente, así como en el uso sostenible de los recursos naturales, asegurando el cumplimiento de la Política Nacional de Ambiente. Entre sus funciones, se incluye actuar como punto focal REDD+ ante la CMNUCC, coordinando la elaboración y presentación de los Niveles de Referencia de Emisiones Forestales (NREF).
Comité Nacional de Cambio Climático de Panamá (CONACCP)	Fue creado mediante el Decreto Ejecutivo N° 1 de 9 de enero de 2009, que fue modificado por el Decreto Ejecutivo N° 52 de 29 de enero de 2013. Dicho Comité apoyará al MiAMBIENTE a dar seguimiento en la implementación de la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) y apoyará en la implementación de sistemas de coordinación interinstitucional para dar cumplimiento a los acuerdos internacionales que el país ha firmado y ratificado en materia mitigación al cambio climático. Los fines y objetivos del comité, de acuerdo con el Reglamento Interno, son: <ul style="list-style-type: none"> i. Consolidar el sistema de coordinación interinstitucional para el cumplimiento de lo dispuesto en los acuerdos internacionales sobre cambio climático; ii. Servir de contraparte coordinadora de las acciones con el Sistema Interinstitucional del Ambiente; iii. Promover el tema de cambio climático, de manera transversal, en las políticas nacionales en cada una de las instituciones miembros del comité.
Comité Interinstitucional de Cambio Climático para el Sector Agropecuario (CICCSA)	El Comité fue creado por la Resolución OAL 059-ADM del 10 de junio de 2019 con el objetivo de coordinar y apoyar la implementación, seguimiento y evaluación del Plan Nacional de Cambio Climático para el Sector Agropecuario (PNCSSA), enfocado en reducir la vulnerabilidad mediante medidas de adaptación y mitigación. Recibe apoyo técnico y financiero de organismos internacionales como el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). En 2021, se adoptó el reglamento interno mediante la Resolución OAL-134, que establece su

Actor(es) regent(es)	Descripción
	función de apoyar al Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) en la planificación y evaluación de acciones del PNCCSA.

Fuente: MIAMBIENTE 2025. *Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.*

Panamá cuenta con un abanico de políticas públicas que inciden de una manera u otra en los esfuerzos y la dinámica de las tierras forestales en el país. Entre estas tenemos políticas y planes ambientales y de acción climática (Tabla 2), que desencadenan acciones de conservación y manejo sostenible de los bosques y recursos naturales derivados de los mismos en el país. En siguiente cuadro presentamos un resumen de las principales políticas, planes, estrategias, y programas llevados a cabo durante el periodo del levantamiento de los niveles de referencia forestal.

Tabla 2. Políticas y planes ambientales y de acción climática

Políticas	
Política Nacional de Cambio Climático (PNCC)	Aprobada mediante Decreto Ejecutivo N°35 de 26 del febrero de 2007, que se constituyó como el marco orientador de las actividades a desarrollar por el sector público, privado y la sociedad civil, y busca contribuir con la estabilización de los GEI, promover medidas de adaptación y asegurar el desarrollo sostenible. Desde la aprobación de la PNCC en 2007, las políticas y obligaciones internacionales de Panamá en materia de cambio climático. La Política Nacional de Cambio Climático fue adoptada mediante el Decreto Ejecutivo N°3 del 8 de agosto de 2023
Contribuciones Nacionalmente Determinadas de Panamá	Panamá presentó en el 2016 su Contribución Determinada a Nivel Nacional (CDN), como resultado de un esfuerzo nacional liderado por MiAMBIENTE y CONACCP. Durante el 2020, cumpliendo sus compromisos adquiridos ante la CMNUCC, Panamá presentó su CDN1 actualizada. Esta última contemplaba el sector UTCUTS, reforestar y recuperar la cobertura forestal de 50,000 hectáreas que contribuirá a la absorción de aproximadamente 2.6 millones de toneladas de CO ₂ eq al año 2050, un incremento equivalente al 10% con respecto al promedio de absorciones del periodo 1994-2017 (CMNUCC, 2020).
Política Nacional de Humedales	En diciembre de 2018, Panamá establece su Política Nacional de Humedales, buscando garantizar la gestión sostenible de los humedales, evitando pérdidas y restaurando estos ecosistemas. También promueve la protección, planificación, investigación y sensibilización de la población sobre la importancia de los humedales. Incluimos esta política dentro del compendio ya que Panamá cuenta con una gran superficie de manglares que son considerados tierras forestales y a su vez humedales dentro de los criterios nacionales.
Planes	
Plan Nacional de Cambio Climático para el Sector Agropecuario	El PNCCSA 2018-2030 es un instrumento clave para la planificación de medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, así como para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional en el sector agropecuario, con un enfoque prioritario a través de la Unidad Ambiental del Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Basado en la Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC) y promovido por el Consejo Agropecuario Centroamericano, el plan se fundamenta en tres ejes: la creación de sistemas agroalimentarios eficientes y sostenibles, el fomento de la resiliencia mediante la gestión del riesgo y adaptación, y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
Estrategias	

Estrategia REDD+ Nacional	En el año 2022, Panamá publica su Estrategia Nacional REDD+ de Panamá es un documento estratégico que define medidas y acciones para disminuir la deforestación y la degradación de los bosques, los cuales cumplen una función importante como es la captura y retención de gases de efecto invernadero responsables del cambio climático. Este documento fue enriquecido mediante un amplio proceso de consulta a nivel nacional y regional, que conllevó 10 años. Como parte de esta estrategia se busca crear sinergias entre instituciones del estado y sector privado, así como la sociedad civil con el fin de alcanzar la meta de reforestar un millón de hectáreas en el período 2015-2035, que corresponde a reforestar el 13% de la superficie del país (CMNUCC, 2016).
Estrategia Forestal 2050 Nacional	En el año 2019, se crea la Estrategia Nacional Forestal 2050, enfocada a contribuir a la mitigación del cambio climático, a través del aumento de la cobertura forestal, estimular la industria forestal sostenible y conservar el patrimonio forestal como base importante de los ecosistemas. La prioridad de esta estrategia es integrar a la política forestal con las necesidades de desarrollo humano de las comunidades próximas y dentro de los bosques, haciéndoles partícipes de actividades sostenibles basadas en el uso responsable de los bienes y servicios ecosistémicos, potenciando el desarrollo y mejoramiento continuo del patrimonio forestal.
Estrategia y Plan de Acción Nacional de Biodiversidad	Mediante el Decreto Ejecutivo 128 de 2018 se establece la Estrategia y Plan de Acción Nacional de Biodiversidad (EPANB) 2018 - 2050. Un instrumento para la integración de las metas de diversidad biológica y estrategias nacionales de desarrollo y reducción de la pobreza. Cuenta con cinco (5) ejes estratégicos, y dentro de sus metas se incluyen aquellas que inciden sobre el manejo de sector forestal, así como en el uso y cambio de uso de la tierra. Sus principios incluyen la conservación in situ de ecosistemas, hábitat y paisajes naturales. También dentro de sus líneas de acción se encuentra la restauración de ecosistemas degradados.
Estrategia nacional de neutralidad de degradación de tierras	En cumplimiento con las metas prioritarias de la Convención de las Naciones Unidas sobre la Lucha contra la Desertificación, Panamá realiza los esfuerzos para preparar el informe de la estrategia de neutralidad de la tierra. La meta busca alcanzar al año 2030 la recuperación de tierras degradadas correspondientes al 10% del territorio nacional con base al año 2015. Más específicamente busca incrementar la cobertura boscosa en un 26%, y disminuir la conversión de 18,000 ha de bosques en rastrojos y arbustos y/o suelos agrícolas; aumentando la productividad de 62,000 hectáreas de tierras de uso agrícolas y 12,000 hectáreas de matorrales y pastizales con productividad decreciente y con estados tempranos de deterioro.
Programas	
Programa Nacional Reduce Tu Huella	El Decreto Ejecutivo N° 100 de 20 de octubre de 2020, crea el Programa Nacional Reduce Tu Huella, para la gestión y monitoreo del desarrollo económico y social bajo en carbono en la República de Panamá. Los componentes principales que abarca el Programa son: el Sistema Sostenible de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (SSINGEI); el Registro de emisiones y acciones de mitigación; el Registro de medios de implementación; el Sistema Nacional para el seguimiento y actualización de la Estrategia Nacional de Desarrollo Económico y Social Bajo en Carbono, y el componente de mitigación de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Panamá. Este Programa también establece la Plataforma Nacional de Transparencia Climática, adscrita al Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) del MiAMBIENTE, que albergará todos los instrumentos e iniciativas nacionales enmarcadas bajo el Programa Nacional Reduce Tu Huella.
Programa de incentivos para la cobertura forestal	Tiene como objetivos específicos promover la reforestación y la recuperación de un millón de hectáreas de áreas degradadas, así como la conservación de

y la conservación de bosques naturales	bosques naturales en el país. Busca reducir la deforestación y la degradación forestal, además de valorar los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques. También se propone salvaguardar los bosques naturales a través de la conservación y el manejo forestal sostenible, proteger y restaurar zonas ribereñas, áreas protegidas y corredores biológicos. Entre otros objetivos, la ley busca incrementar la disponibilidad de materia prima forestal certificada, mejorar la calidad de vida de quienes están relacionados con el sector forestal, y fomentar la educación, la innovación y la investigación científica en esta área, además de impulsar el desarrollo de la pequeña y mediana industria forestal.
Programa Nacional de Restauración Forestal	El PNRF se enmarca en los objetivos de la Ley 1 Forestal (1994), la política forestal, las modalidades de reforestación de la Ley 69 de incentivos forestales, la Estrategia Nacional Forestal, y la Alianza por el Millón de Hectáreas (MiAMBIENTE, 2021a; MiAMBIENTE, 2020a). Ambas acciones están alineadas con las 5 actividades REDD+ y la CDN1 Actualizada de Panamá (2020) que contempla para el sector bosques (sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura), reforestar y recuperar la cobertura forestal de 50,000 hectáreas. Este programa se enfoca en el apoyo de la planificación de las acciones de reforestación del Departamento de Conservación y Recuperación Forestal de la Dirección Forestal (DIFOR) del MiAMBIENTE, tomando en cuenta la participación de todas las direcciones del Ministerio y la coordinación interna de la DIFOR en materia de reforestación y restauración forestal. El PNRF 2020-2025 tiene una vinculación significativa con la Estrategia Nacional Forestal 2050, y tiene como objetivo estructurar y liderar los procesos para restaurar más de 50,000 hectáreas de tierras degradadas distribuidas en cuatro modalidades: regeneración natural asistida, restauración de bosques naturales, sistema agroforestal (silvopastoril y silvoagrícola) y plantaciones forestales comerciales en cuencas hidrográficas productoras de agua.

Fuente: MIAMBIENTE 2025. *Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.*

2.2. Panamá Natural (Plan estratégico 2024-2029)

El Plan “Panamá Natural” conceptualiza el Plan de Acción para el Ministerio de Ambiente con una visión clara de objetivos y metas del país que giran a lo largo de ocho (8) ejes estratégicos, siendo estos: i) las Áreas Protegidas, ii) las Cuencas hidrográficas, iii) un Panamá Limpio (Gestión eficiente de residuos y desechos), iv) Panamá Verde (restauración de ecosistemas degradados), v) crecer cuidando la naturaleza (Potenciar inversiones sostenibles), vi) defensa de los océanos, vii) adaptación a las nuevas condiciones climáticas; viii) y ser la voz de la naturaleza, liderando esfuerzos para abordar la urgente necesidad de una respuesta global unificada ante los desafíos interconectados del cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la desertificación.

Dentro del Plan estratégico de la nueva administración del Ministerio de Ambiente, se tienen como prioridades nacionales:

- Actualizar el Programa Nacional de Restauración Forestal y ejecutar programas masivos de reforestación y restauración de ecosistemas degradados, basados en evidencia científica, para aumentar la capacidad de captura de carbono y la resiliencia de los ecosistemas y comunidades vulnerables a los impactos del cambio climático.
- El saneamiento y restauración de cuencas estratégicas incluyendo la cuenca del Canal de Panamá, el Río Bayano, Santa María, el Río La Villa, y otras que abastecen de agua potable y proveen de energía a las principales ciudades y poblados del país.

Adicionalmente, se atenderán aquellas que garantizan el agua para la producción agrícola.

- Crear corredores biológicos que conecten las áreas naturales protegidas, con énfasis en Azuero, Coclé y Veraguas, como medida de adaptación al cambio climático y con la amplia participación del sector privado, organizaciones, redes y líderes locales.
- Recuperación de áreas degradadas con especies nativas mediante el uso de tecnologías avanzadas como el monitoreo satelital y la inteligencia artificial, mejorando así la gestión y protección del patrimonio natural terrestre y marino.
- Implementar acciones enfocadas en la restauración de zonas marino-costeras y la conservación de especies marinas vulnerables y en peligro, adaptándolas a los impactos del cambio climático y fortaleciendo el control y vigilancia para prevenir prácticas ilegales.

2.3. Marco legal

A continuación, se presente un compilado de los mandatos institucionales:

- » **Ley 10 - 12-04-1995.** Por la cual se aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático⁵
- » **Ley 88 - 30-11-1998.** Por la cual se aprueba el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático⁶.
- » **Ley 38 - 3-06-2015.** Por la cual Panamá aprueba la Enmienda de Doha al Protocolo de Kioto de 2012⁷.
- » **Ley 40 - 12-09-2016.** Por la cual se aprueba el Acuerdo de París de 2015⁸.
- » **Decreto Ejecutivo N° 393 - 17-09-2015.** Por el cual Panamá adopta los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) dentro de los cuales, en materia de cambio climático, se destaca el Objetivo 13 denominado Acción por el Clima y el 15 sobre vida de ecosistemas silvestres.
- » **La Ley 41 de 1 de julio de 1998.** Ley General de Ambiente de la República de Panamá, señala que la administración del ambiente es una obligación del Estado, por tanto, establece los principios y normas básicas para la protección, conservación y recuperación del ambiente, promoviendo el uso sostenible de los recursos naturales. Además, ordena la gestión ambiental y la integra a los objetivos sociales y económicos, a efecto de lograr el desarrollo humano sostenible del país.

Luego de la modificación de esta Ley en 2016, añade el Título V sobre cambio climático en donde se reconoce al cambio climático como una amenaza global importante para la población, ecosistemas y las actividades económicas del país. También, reconoce que el Estado tiene una responsabilidad común, pero diferenciada en la estabilización de concentraciones de GEI. Es por esto que el Título establece en

⁵ Mayor detalle de la Ley 10 del 12 de abril 1995 se encuentra en el [Anexo 1](#)

⁶ Mayor detalle de la Ley 88 del 30 de octubre 1998 se encuentra en el [Anexo 2](#)

⁷ Mayor detalle de la Ley 38 del 3 de junio 2015 se encuentra en el [Anexo 3](#)

⁸ Mayor detalle de la Ley 40 del 12 de septiembre 2016 se encuentra en el [Anexo 4](#)

sus capítulos los principales deberes del Ministerio de Ambiente, en colaboración con otras instituciones, en temas de adaptación (Capítulo I) y mitigación (Capítulo II).

- » **Decreto Ejecutivo No. 37 del 12 de junio de 2009.** Establece la Política Forestal de Panamá. Mediante esta política, se busca llevar a cabo la gestión de los recursos forestales desde una perspectiva integrada, propiciando su aprovechamiento sostenible y haciendo compatibles sus diferentes usos y conservación en el tiempo⁹.
- » **Ley No. 1 del 3 de febrero de 1994,** "por la cual se establece la Legislación Forestal en la República de Panamá y se dictan otras disposiciones", constituye a la fecha el principal marco legal para la protección, conservación, mejoramiento, acrecentamiento, educación, manejo y aprovechamiento racional de los recursos forestales en el país y concibe el Patrimonio Forestal del Estado como aquel constituido por todos los bosques naturales, las tierras sobre las cuales están estos bosques y por las tierras estatales de aptitud preferentemente forestal, así como las plantaciones forestales establecidas por el Estado en terreno de su propiedad.
- » **Ley No. 24 del 23 de noviembre de 1992,** que tiene entre sus objetivos principales, incrementar todas las formas de reforestación en la República de Panamá, y promover el establecimiento, desarrollo y mejoramiento de la industria forestal para que aproveche como materia prima el producto de la reforestación.
- » **Decreto Ejecutivo No. 2 del 17 de enero de 2003** que aprobó los Principios y Lineamientos Básicos de la Política Forestal de Panamá, como primer esfuerzo por institucionalizar la gestión integral de los recursos forestales.
- » **Decreto Ejecutivo No. 21 de 2 de mayo de 2019.** Modifica el decreto ejecutivo No. 129 de 26 de diciembre de 2018. Aprueba el reglamento de la Ley No. 69 de 30 de octubre de 2017, que crea un Programa de incentivos para la cobertura forestal y la conservación de bosques naturales.
- » **Decreto Ejecutivo No. 20 de 28 de marzo de 2019.** Se oficializó La Estrategia Nacional Forestal 2050 para generar una visión a largo plazo para el sector forestal de Panamá. La Estrategia toma como columna vertebral la Alianza por el Millón de Hectáreas y los acuerdos y convenios nacionales e internacionales firmados en este marco (Ministerio de Ambiente, 2019).
- » **Decreto Ejecutivo No. 36 de 28 de mayo de 2018.** Que instituye la estructura orgánica del Ministerio de Ambiente, y le asigna al Departamento de Mitigación de la Dirección de Cambio Climático a elaborar periódicamente los inventarios.
- » **Ley 69 de 30 de octubre de 2017**¹⁰. La cual crea un Programa de incentivos para la cobertura boscosa y la conservación de bosques naturales, y dicta otras disposiciones.
- » **Ley No. 6 de 2 de febrero de 2005**¹¹. "Que implemente un programa de equidad fiscal". Modifica algunos artículos de la Ley 24 del 7 de junio de 1995 para evitar

⁹ Decreto Ejecutivo No. 37 (De 3 de junio de 2009) "Por el cual se aprueba la Política Nacional Forestal, sus principios, objetivos y líneas de acción"

¹⁰ Mayor detalle de la Ley 69 del 30 de octubre 2017 se encuentra disponible en el [Anexo 5](#)

¹¹ http://www.mici.gob.pa/imagenes/pdf/ley_no_6_de_2_de_febrero_de_2005.pdf

abusos en el uso de los incentivos fiscales que, a su vez, dio lugar a que disminuyera la participación de inversionistas locales en actividades de reforestación.

- » **Ley No. 44 de 5 de agosto de 2002**¹². "Que establece el régimen administrativo especial para el manejo, protección y conservación de las cuencas hidrográficas de la República de Panamá" con el objetivo de establecer un régimen administrativo especial para el manejo, protección y conservación (incluyendo su componente forestal) de las cuencas hidrográficas que permita el desarrollo sostenible.
- » **Ley No. 58 del 29 de diciembre de 1999**¹³. "Por la cual se crea el certificado de incentivo forestal para pequeños productores agropecuarios". Otorga el financiamiento del 80% del costo total del proyecto para los tres primeros años con el objetivo de motivar acciones que estimulen la reforestación por parte del pequeño productor agropecuario.
- » **Ley No. 41 de 1 de julio de 1998**. "General de Ambiente de la República de Panamá". Crea el Fondo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, El Fondo de Adaptación al Cambio Climático y El Fondo de Protección y Desarrollo Forestal.
- » **Ley No. 24 del 7 de junio de 1995**¹⁴. "Por la cual se establece la legislación de vida silvestre República de Panamá". Se crea el Fondo de Áreas Protegidas y Vida Silvestre destinados a los gastos de inversión de la Dirección Nacional de Áreas Protegidas y Vida Silvestre y define que el Estado brindará incentivos a las personas naturales o jurídicas que contribuyan a la conservación y desarrollo de la vida silvestre.
- » **Ley No. 1 de 3 de febrero de 1994**¹⁵. "Ley Forestal". Por la cual se establece la Legislación Forestal en la República de Panamá y tiene como finalidad la protección conservación, mejoramiento, acrecentamiento, educación, investigación, manejo y aprovechamiento racional de los recursos forestales de la República.
- » **Ley No. 24 de 23 de noviembre de 1992**¹⁶. "Por la cual se establece incentivos y reglamenta la actividad de reforestación en la República de Panamá".

12 <https://docs.panama.justia.com/federales/leyes/44-de-2002-aug-8-2002.pdf>

13 <https://panama.justia.com/federales/leyes/58-de-1999-jan-3-2000/gdoc/>

14 http://vertic.org/media/National%20Legislation/Panama/PA_Ley_24_Vida_Silvestre_1995.pdf

15 <https://panama.eregulations.org/media/Ley%20N%C2%B0%201%20del%203%20de%20febrero%20de%201994.pdf>

16 http://www.sice.oas.org/investment/NatLeg/PAN/L_Reforest_s.pdf

3. SECCIÓN 3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Consistencia con el inventario nacional de GEI

De acuerdo con la Decisión 13/CP.19, Anexo par. 2, el NRF debe mantener consistencia con las estimaciones del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), de acuerdo con la CMNUCC. La consistencia requiere que se utilicen las Directrices y Guías del IPCC como base para estimar las emisiones por fuentes y las absorciones por sumideros vinculados a los bosques en ambos reportes. Esto implica, entre otras cosas, contar con una definición oficial de lo que constituye un bosque y, por ende, de deforestación, así como establecer un proceso para estandarizar la información relacionada con los datos de actividad y los factores de emisión.

De manera general, el nivel de referencia forestal toma algunas principales consideraciones de la última serie de inventario de gases de efecto invernadero, entregada en el 1IBT. Sin embargo, la mayor diferencia recae en la interpretación de lo que comprenden las tierras forestales. Si bien la definición de bosques se mantiene tal como en el nivel de referencia anterior; en esta ocasión los “rastros” ya no son considerados como parte de las tierras forestales en el NRF y los mismos pasan a ser parte del uso de tierra de pastizales. Esto obedece a que la variabilidad y dinámica de los rastros en el país introducen incertidumbre en las estimaciones, particularmente respecto a cuándo es considerado un rastro forestal o agrícola. Para abordar esta incertidumbre, se implementaron ajustes metodológicos específicos, como la exclusión de los rastros de la categoría de tierras forestales y su clasificación dentro de pastizales.

Por otro lado, el NRF anterior contenía factores de emisión alineados con el inventario de GEI presentado en el Primer Informe Bienal de Actualización (1IBA). Sin embargo, en este nuevo NRF se actualizan los factores de emisión conforme al 1IBA.

Al respecto, se utilizó la misma definición de bosque, que fue formulada desde el 2012 y que se ha utilizado en todas las iniciativas presentada a la CMNUCC, y la misma fuente de información para los factores de emisión y para los datos de actividad. De la misma manera, es necesaria la mención de que las variaciones presentadas en este NRF son mejoras derivadas de la mayor disponibilidad de datos, en cuanto a informaciones específicas para el país procedentes del Inventario Nacional Forestal de Carbono (INFC) e información de datos de actividad más precisos correspondientes a la revisión del muestreo del Mapatón 2017.

Para presentar con una mayor claridad la comparativa de la consistencia de este nuevo nivel de referencia forestal con el último INGEl presentado en el Documento de Inventario Nacional, anexo al Primer Informe Bienal de Transparencia (1IBT), mostramos la Tabla 3:

Tabla 3. Comparativa de conceptos entre el NRF y el INGEl del 1BT

Métodos / Parámetros	NRF	INGEl (Informe Bienal de Transparencia)
Definición de bosque	Tierra que se extiende por más de 0.5 hectáreas, dotada de árboles con altura superior promedio a 5 metros, y una cubierta de dosel superior al 30%; o de árboles capaces de alcanzar estos umbrales in situ, siempre y cuando se trate de tierras que hayan sido declaradas con fines de	Misma definición

Métodos / Parámetros	NRF	INGEI (Informe Bienal de Transparencia)
	restauración, conservación y/o manejo forestal. En este último caso, cuando se trate de zonas donde las condiciones abióticas, limiten que los árboles alcancen los 5 metros in situ, será suficiente con que superen el 30% de cobertura. No incluye tierra sometida a un uso predominante agropecuario o urbano.	
Clasificación de cobertura y uso de la tierra	Clasificación distinta al INGEI. Ver sección 3.5 Rastrojos se clasifican como Pastizales. Se agrega nueva clase: Vegetación baja inundable.	12 categorías de uso de la tierra incluyendo: 6 tipos de tierra forestal, cultivos anuales y perennes, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras.
Actividades REDD+	Cinco actividades REDD+ incluyendo: reducción de emisiones por deforestación, reducción de emisiones por degradación forestal, incremento de las existencias de carbono forestal, conservación de las existencias de carbono, y manejo sostenible de los bosques.	No aplica
Reservorios de carbono	Biomasa aérea y subterránea, y madera muerta, Hojarasca y Carbono orgánico de Suelo	Biomasa aérea y subterránea, y madera muerta, Hojarasca y Carbono orgánico de Suelo
Gases	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, gases precursores.
Escala	Nacional e incluye el territorio continental e insular	Misma escala
Periodo de reporte	2016-2020	2000 al 2021
Datos de Actividad de uso y cambio de uso de la tierra	La principal diferencia radica en la exclusión de los rastrojos que no se encuentran en tierras forestales. Este ajuste metodológico representa un cambio fundamental en la estimación de remociones netas de carbono. Las diferencias observadas reflejan un ajuste significativo en los cálculos debido a esta exclusión. En el NRF 2022, los rastrojos, independientemente de su ubicación, fueron considerados como parte de las tierras forestales. En el NRF 2025, se realiza una distinción más precisa para excluir los rastrojos de tierras forestales, lo que reduce las remociones netas estimadas en 29% (2017), 39% (2019) y 24% (2020) en comparación con el NRF anterior.	Se incluyó el rastrojo como parte de las tierras forestales debido a una decisión ministerial. Este enfoque buscaba reconocer los rastrojos como una categoría transitoria dentro del sistema forestal, considerando su potencial para regenerarse y convertirse en bosque secundario.
Datos de actividad estadísticos	Datos de aprovechamientos forestales, incendios y uso de leña.	Mismos datos de actividad.
Factores de emisión	Factores de emisión actualizados conforme al INGEI del 1IBA. Incluyen: valores de biomasa aérea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica muerta estimados por el Inventario Nacional Forestal y de Carbono. Valores por defecto de las guías del IPCC 2006: de relación biomasa aérea/subterránea, fracción de carbono para estimar biomasa subterránea, y crecimiento promedio de la biomasa aérea.	Mismos factores de emisión. (Ver sección de mejoras, Cap. 6 del Documento de Inventario Nacional).

Métodos / Parámetros	NRF	INGEI (Informe Bienal de Transparencia)
Estimación de emisiones	Las emisiones y absorciones de GEI se calcularon siguiendo las directrices de las guías del IPCC 2006. Los datos de actividad se estimaron de forma anual y se multiplicaron por los factores de emisión correspondientes para la estimación de emisiones o reducción de emisiones.	Se usan las ecuaciones de IPCC de 2006 y el Suplemento de Humedales de 2013. Se modificaron algunos supuestos. (Ver Capítulo 6 del Documento de Inventario Nacional). Se usan las hojas de trabajo del IPCC en Excel.
Incertidumbre	El cálculo de incertidumbre se realizó usando el método de propagación del error. Sera incluido en la versión modificada.	Propagación del error

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

3.2. Mejoras implementadas con respecto al NRF anterior

Panamá ha presentado dos niveles de referencia forestal, en 2018 y 2022. En esta ocasión, se decidió preparar un nuevo nivel de referencia forestal que se encuentre alineado con el último INGEI (DIN 2024), aplicando mejoras metodológicas, que han sido producto de varios ejercicios de garantía de calidad efectuados en el marco del SSINGEI.

En la Tabla 4 se presentan las mejoras metodológicas implementadas en este nuevo nivel de referencia forestal con respecto al NRF 2022.

Tabla 4. Mejoras metodológicas implementadas con respecto al NRF 2022

Métodos / Parámetros	NRF 2022	NRF 2025
Malla de muestreo	Rediseño muestral y estratificación la nueva malla en Collect Earth Online tiene 9,800 parcelas, en cuatro (4) estratos: bosque estable, manglar, áreas de cambio y otras tierras. Este ajuste reduce el margen de error en las categorías de cambios, pasando de 8.39% a 4.93%.	Se empleó un muestreo sistemático con una red de puntos más densa (de 1.5 x 1.5 m), logrando la fotointerpretación de 33,485 parcelas en todo el país.
Herramienta de colecta de datos de actividad geoespaciales	Se utilizó la herramienta Collect Earth Online, que asignó un uso a cada uno de los 25 puntos dentro de la parcela de muestreo de 1 ha, lo que permitió analizar cada punto de forma independiente.	Se utilizó la herramienta LUA App que permitió un análisis más ágil de los datos. Se utilizó el nivel jerárquico para aplicar el uso de la tierra dentro de la parcela de 1 ha.
Serie Histórica	2005-2015	2016-2020
Factores de emisión	Factores de emisión presentados en la serie de Inventario del Sector UTCUTS del 2IBA. Se usaron factores de emisión del Inventario Nacional Forestal y Carbono con 87 unidades de muestreo.	Factores de emisión presentados en la serie de Inventario del Sector Uso de la Tierra y Cambios de Uso de la Tierra del 1IBT de Panamá. Se mantienen los factores de emisión del Inventario Nacional Forestal y Carbono con 87 unidades de muestreo.
Desagregación zonas climáticas	Los factores de emisión y datos de actividad fueron desagregados por regiones climáticas (Tropical Montano, Tropical Húmedo y Tropical Muy Húmedo),	Se asumió que todo Panamá se encontraba en la región Tropical Muy Húmedo para mayor practicidad y reducir la introducción de errores a los cálculos.
Exclusión del rastrojo de tierras forestales	Se consideraba tierras forestales el rastrojo que se observaba en el sistema de monitoreo, por decisión ministerial	En este NRF actualizado para 2025 se implementó una mejora significativa: la exclusión de los rastrojos como parte de las

Métodos / Parámetros	NRF 2022	NRF 2025
		tierras forestales. Esta decisión tuvo un impacto relevante en las estimaciones de emisiones, ver tabla anterior para ver el impacto en términos porcentuales
Inclusión de Carbono Orgánico del Suelo	En el Nivel de Referencia del 2022, no se había incluido el reservorio de Carbono Orgánico del Suelo, debido a falta de datos más precisos.	Se utilizaron los datos del Global Soil Organic Carbon Map, de la FAO. Se cruzaron las parcelas del Mapatón y el raster del mapa de SOC y se obtuvieron los valores para cada una de las parcelas de la grilla. El IPCC 2006 establece que, tras un cambio de uso de la tierra, el Carbono Orgánico del Suelo (COS) tiende a alcanzar un nuevo equilibrio en un plazo aproximado de 20 años, dependiendo de las condiciones locales y la naturaleza del cambio. Panamá aplicó este supuesto para evaluar las transiciones de uso del suelo, incluyendo conversiones de tierras forestales a tierras no forestales y viceversa.

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

3.3. Escala

La diferencia en la superficie total utilizada entre el NRF actual (7,532,583.4 hectáreas) y el anterior (7,513,577 hectáreas) refleja una mejora significativa en términos de precisión y alineación con las expectativas de la CMNUCC. Esta actualización, que ahora incluye tanto territorio continental como insular con base en la capa final más reciente, demuestra el compromiso del país con el perfeccionamiento de sus métodos y datos.

Es fundamental destacar que este avance responde directamente a los lineamientos de la COP, que promueve la mejora continua en la elaboración de los NRF. Este tipo de actualización fortalece la transparencia, la credibilidad y la calidad de la información presentada, elementos clave para la implementación efectiva de las estrategias REDD+ y el cumplimiento de las CDN.

Panamá posee aproximadamente 1,518 islas (1,023 islas en el Caribe y 495 en el Pacífico; siendo Coiba e isla del Rey las de mayor tamaño en el país). Es importante mencionar que los territorios insulares mencionados como otros, fueron muestreados.

3.4. Definición de Bosque

Bosque: Tierra que se extiende por más de 0.5 hectáreas, dotada de árboles con altura superior promedio a 5 metros, y una cubierta de dosel superior al 30%; o de árboles capaces de alcanzar estos umbrales in situ, siempre y cuando se trate de tierras que hayan sido declaradas con fines de restauración, conservación y/o manejo forestal. En este último caso, cuando se trate de zonas donde las condiciones abióticas, limiten que los árboles alcancen los 5 metros in situ, será suficiente con que superen el 30% de cobertura. No incluye tierra sometida a un uso predominante agropecuario o urbano”.

Notas explicativas:

- **Estructuras lineales de árboles** (bosque de galería y cortinas rompe vientos)

Se clasifican como bosque cuando cumplen con los criterios de superficie, altura y cubierta de dosel con un ancho mayor a 20 metros (proyección de las copas). Formaciones lineales de árboles con un ancho menor de 20 metros (por ejemplo, cercas vivas) no se clasifican como bosque.

- **Formaciones de palmeras**

- Rodales semi-naturales de palma de coco asociadas con otra vegetación, se clasifican como bosque latifoliado mixto, y se aplican los criterios de maduro/secundario.
- Rodales plantados de palma de coco deben ser clasificados como cultivo permanente.
- Plantaciones de palma aceitera deben ser clasificadas como cultivo permanente.

- **Otras formaciones de árboles**

- Plantaciones de árboles frutales/aceiteras se clasifican como cultivo permanente.
- Cafetales/cacaotales se clasifican como cultivo permanente, aunque cumplen con los criterios de bosque en cuanto a superficie, cubierta de dosel y altura.
- Rastrojos se clasifican generalmente como vegetación arbustiva y herbácea, dentro de la categoría de pastizales. En este NRF los rastrojos no se les da una clasificación de bosques, puesto que la imagen satelital no se puede conocer cuáles son los rastrojos declarados para uso forestal.

3.5. Categorías de Uso de la Tierra Según El IPCC

El sistema de clasificación para la interpretación de usos de la tierra se realizó homologando la clasificación nacional con las categorías establecidas por las guías del IPCC 2006. Para este nuevo NRF los cambios más significativos son: la clasificación de los rastrojos como *tierras pastizales*, la nueva subcategoría de *vegetación baja inundable* dentro de la categoría *humedales*.

3.5.1. Esquema de clasificación de usos de la tierra

El proceso de clasificación de las coberturas de uso y cambios de uso de la tierra se le ha denominado *Mapatón*, en el mismo se determinan coberturas de uso de la tierra congruentes con las categorías de uso de la tierra para la estimación de las emisiones de GEI del sector AFOLU (categoría 3B. Tierras) de las Directrices del IPCC de 2006. Únicamente las categorías de tierras forestales y tierras de cultivo son desagregadas en diferentes subcategorías (ver subdivisión nacional). En consecuencia, da como resultado un sistema de clasificación de 12 categorías de uso de tierra. En la Tabla 5 se puede observar la homologación las categorías del IPCC y las definiciones de los diferentes usos de la tierra que Panamá utiliza y que comprenden el sistema de clasificación que se asigna en el Mapatón, incluyendo diferentes

segregaciones de tipos de uso para tierras forestales y tierras de cultivo como se observa en la tercera columna. Se implementaron los siguientes niveles de clasificación:

- 1. Tipos de categorías:** tierras forestales, tierras de cultivos, pastizales, asentamientos, humedales y otras tierras.
- 2. Tipos de subcategoría:** describe la permanencia de tierras, tal como tierra forestal que permanece como tierra forestal, pastizal que permanece como pastizal, asentamiento que permanece como asentamiento, así como las clases de conversión; es decir, las posibles combinaciones de cambio de uso (tierra forestal que se convierte a tierra de cultivo, tierra de cultivo que se convierte a tierra forestal).
- 3. Subdivisión nacional:** es un nivel más detallado de las categorías y subcategorías siguiendo criterios ecológicos. Por ejemplo, para tierras forestales se cuenta con bosques maduros, bosques secundarios, manglares; para las tierras de cultivo se identifican cultivos perennes y anuales, entre otros.

Tabla 5. Categorías utilizadas en el proceso de fotointerpretación y clasificación de tierras Mapatón 2024

Categoría de uso de la tierra según el IPCC	Definición IPCC	Subdivisión según Panamá (Cobertura y Uso para Mapatón)	Definición de Panamá	Coberturas, Usos, Tipos y Subtipos que Incluye
Tierras forestales	Toda la tierra con vegetación boscosa coherente con los umbrales utilizados para definir las <i>tierras forestales</i> en el inventario. También incluye los sistemas con una estructura de vegetación que actualmente se encuentra por debajo, pero que potencialmente podría alcanzar in situ los valores umbrales utilizados por un país para definir la categoría de <i>tierras</i>	Bosque maduro	Bosque en un estado sucesional avanzado o en su etapa final de sucesión, que pudo o no estar sujeto a un aprovechamiento selectivo.	Orey, cativo, rafia, bosque latifoliado mixto (Todos los tipos de bosques maduros, excepto manglar ¹⁷).
		Bosque secundario	Bosque en un estado sucesional anterior al bosque maduro, que se desarrolló después de que toda o la mayoría de la vegetación original fue eliminada por actividades humanas o fenómenos naturales.	Bosque secundario (Todos los tipos de bosques, excepto manglar ¹⁸

¹⁷Si bien bosque manglar es un bosque latifoliado, esta información se desagrega en otra subcategoría para visualizar la dinámica del mismo manglar sobre todo para aplicar el suplemento de Humedales del IPCC 2013.

Categoría de uso de la tierra según el IPCC	Definición IPCC	Subdivisión según Panamá (Cobertura y Uso para Mapatón)	Definición de Panamá	Coberturas, Usos, Tipos y Subtipos que Incluye
	<i>forestales. Se subdivide en tierras forestales que permanecen como tales, y tierras convertidas en tierras forestales.</i>	Plantación de latifoliada	Bosque plantado predominante compuesto por árboles establecidos por plantación y/o siembra deliberada, formado por especies exóticas o nativas con fines de protección, restauración, conservación, producción, recreación y científicos, compuesto predominante por especies latifoliadas.	Incluyen en su mayoría plantaciones de teca.
		Plantación de conífera	Bosque predominante compuesto por árboles establecidos por plantación y/o siembra deliberada. Formado por especies exóticas o nativas con fines de protección, restauración, conservación, producción, recreación y científicos, compuesto predominante por especies de coníferas.	Plantaciones de especies de coníferas, cuyas especies pertenecen a los géneros <i>Pinus</i> , <i>Abies</i> , <i>Picea</i> , <i>Cupressus</i> , <i>Thuja</i> , <i>Araucaria</i> , etc.
		Manglar (Bosque de mangle)	Bosque natural en el cual 60% de los árboles dominante y codominante (en términos de número de árboles por hectárea) pertenece a una o varias especies de mangle. .	Comprende todas las especies de manglar (en estado maduro y secundario) y especies asociadas como el <i>Conocarpus erectus</i> .
Tierras de cultivo	Incluye la tierra cultivada, incluidos los arrozales y los sistemas de agrosilvicultura, donde la estructura de la vegetación se encuentra por debajo de los umbrales utilizados para la categoría de tierras forestales. Se subdivide en <i>tierras de cultivo que permanecen como tales, y tierras convertidas en tierras de cultivo.</i>	Cultivo anual	Tierra con cultivos agrícolas perennes o temporales que permanecen de manera continua durante varios años (tales como el cacao y el café), con o sin presencia de árboles. Incluye también tierra con árboles y arbustos para la producción de flores, frutas y aceites, y viveros (excepto los viveros forestales, los cuales deben ser clasificados bajo "Bosque").	Todos los cultivos anuales (maíz, arroz, hortalizas y otros cultivos temporales). Se adicionan el plátano y el banano (musáceas) con el fin de cumplir con la directriz del IPCC.
		Cultivo perenne/ permanente		Caña de azúcar, palma aceitera, café, cacao, frutales, cítricos, y otros cultivos permanentes

Categoría de uso de la tierra según el IPCC	Definición IPCC	Subdivisión según Panamá (Cobertura y Uso para Mapatón)	Definición de Panamá	Coberturas, Usos, Tipos y Subtipos que Incluye
Pastizales	Incluye las tierras de pastoreo y los pastizales que no se consideran <i>tierras de cultivo</i> . También incluye todos los pastizales, desde las tierras sin cultivar hasta las zonas de recreo, así como los sistemas silvopastoriles, coherentes con las definiciones nacionales.	Pasto	Tierra utilizada para producir forraje herbáceo, ya sea que éste crezca de manera natural o que sea cultivado.	Pasto, vegetación herbácea (paja canalera, otra vegetación herbácea).
		Rastrojo	Es la vegetación secundaria de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas que aparece naturalmente después de un uso agropecuario. Tiene una altura promedio menor de 5 metros. Aunque cumple con los criterios de bosque en términos de su capacidad de alcanzar una altura mayor de 5 metros y 30% de cobertura de copa in situ, no se considera bosque hasta que haya alcanzado una altura promedio de 5 metros y una cobertura de copa de 30 %.	Rastrojo y vegetación arbustiva.
Humedales	Incluye las zonas de extracción de turba y la tierra que está cubierta o saturada de agua durante todo el año o durante parte de este (ej. las turberas) y que no está dentro de las categorías de <i>tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales o asentamientos</i> . Incluye los reservorios como subdivisión gestionada y los ríos naturales y los lagos como subdivisiones no gestionadas.	Superficie de agua natural	Cuerpo y cauce de agua permanente o estacional, localizado en el interior del continente, que puede bordear o encontrarse adyacente a la línea de costa continental. En caso de cuerpos y cauces de agua estacionales, deben permanecer con agua mínimo 4 meses durante el año.	Ríos, lagos, (no alterados por la mano del hombre), y otras áreas culturales.
		Tierras inundadas	Masas de agua en las que las actividades humanas han causado cambios en el tamaño de la superficie cubierta por agua, generalmente mediante regulación del nivel del agua.	Incluyen: Reservorios para la producción de hidroelectricidad, irrigación y navegación.
		Acuicultura	Cuerpo de agua artificial destinado a la cría de crustáceos y peces. Se ubican, generalmente, en las regiones adyacentes al mar. Son de forma regular, cuadrados o rectangulares, siempre llenos de agua.	Se decidió desagregar de la clasificación debido a decisiones internas a nivel institucional.

Categoría de uso de la tierra según el IPCC	Definición IPCC	Subdivisión según Panamá (Cobertura y Uso para Mapatón)	Definición de Panamá	Coberturas, Usos, Tipos y Subtipos que Incluye
		Vegetación baja inundable	Comprende áreas con vegetación baja localizadas principalmente en tierras bajas que permanecen inundadas durante la mayor parte del año. Comprende hondonadas donde se recogen y naturalmente se detienen las aguas, con fondos más o menos cenagosos, pueden contener pequeños islotes arenosos y lodosos, de formas irregulares alargadas y fragmentadas. Se pueden encontrar cuerpos de agua, algunos con cobertura parcial de vegetación acuática.	Pantanos, ciénagas, llanuras de inundación, y depresiones naturales donde la capa freática aflora de manera permanente o estacional.
Asentamiento	Incluye toda la tierra desarrollada, incluidas las infraestructuras de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño, a menos que ya estén incluidos en otras categorías.	Asentamiento	Lugar poblado con 1,500 o más habitantes y que partiendo de un núcleo central, presenta continuidad física en todas direcciones, hasta ser interrumpida por terrenos no edificados.	Área poblada (urbana y rural), infraestructuras, explotaciones mineras, salinera, caminos, carreteras.
Otras tierras	Incluye el suelo desnudo, roca, hielo y todas aquellas zonas que no estén incluidas en ninguna de las otras cinco categorías.	Otras tierras	Toda la tierra que no ha sido definida como bosque u otros bosques.	Afloramientos rocosos y tierra desnuda, playa y arenal natural y albinas

Fuente: MIAMBIENTE 2025. *Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.*

Conceptualmente, las principales categorías se definen de la siguiente manera (MiAMBIENTE 2021a; MiAMBIENTE 2021c):

Tierras forestales

- **Bosque maduro:** Bosque en un estado sucesional avanzado o en su etapa final de sucesión, que pudo o no estar sujeto a un aprovechamiento selectivo. El bosque maduro se distingue del bosque secundario por las siguientes características, vinculadas a cada tipo de bosque:
 - Predominante compuesto por árboles en estado adulto, con una mayor proporción del área basal concentrada en clases diamétricas altas.
 - Composición con predominancia de especies similares al estado primario.
 - Mayor presencia de árboles con copas grandes.
 - Si no ha sido recientemente intervenido, tiene menor presencia de sotobosque.



Para diferenciar un bosque maduro de un bosque secundario, el Foto-interprete tuvo en cuenta varios aspectos clave: 1) La respuesta espectral de un bosque maduro es notablemente distinta a la de un bosque secundario, ya que los píxeles muestran diferencias significativas en su coloración durante la clasificación. 2) La textura de la imagen también juega un papel importante; en los bosques maduros, la composición y el tamaño de las copas generan una apariencia rugosa. 3) Además, el contexto es crucial, ya que los bosques maduros suelen ubicarse en áreas protegidas o en zonas montañosas, especialmente en Panamá.

- **Bosque secundario:** Bosque en un estado sucesional anterior al bosque maduro, cuya altura es superior a los 5 metros y con un porcentaje de cobertura de dosel de 30%, que se desarrolló después de que toda, o la mayoría, de la vegetación original fue eliminada por actividades humanas y/o fenómenos naturales. Corresponde a estados sucesionales que no presentan características de rastrojo ni de bosque maduro. El bosque secundario se caracteriza por:
 - Mayor presencia de especies pioneras.
 - Poca presencia de árboles con copas grandes.
 - Mayor proporción del área basal concentrada en clases diamétricas medias y bajas.
 - Mayor presencia de sotobosque.

La distinción del bosque secundario se realiza utilizando imágenes satelitales disponibles desde el año 2000 hasta 2023 (Tabla 6), lo que nos permite observar la evolución temporal de las parcelas, desde su estado original como pasto o rastrojo hasta su transformación en bosque secundario (contexto temporal). Este tipo de bosque se encuentra generalmente en áreas donde ha habido una alta actividad humana o fenómenos naturales que han eliminado la vegetación original, lo que nos permite tener conocimiento en términos espacial (contexto espacial). A nivel espectral, se distingue de otros tipos de vegetación por su color y textura únicos, lo que facilita su identificación a través de las imágenes satelitales como Landsat, Sentinel, Planets y de alta resolución (conocimiento espectral).

Este proceso se aplica para todos los demás usos de la tierra que se monitorean a través de LUA app como herramienta de monitoreo satelital.

Tabla 6. Distinción de bosques por medio de imágenes satelitales

	
<p>Esta imagen pertenece al 2004 lo que explica que para ver cuando es un bosque</p>	<p>Aquí ya vemos que la parcela cumple con los parámetros de tierras forestales en el 2018.</p>

secundario, utilizamos el contexto temporal para ver la historia de esa parcela cuando era pasto	Para llegar a ser Bosque secundario, tuvo que haber pasado de pasto, rastrojo y finalmente Bosque secundario
--	--

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

- **Bosque de mangle:** bosque natural en el cual el 60% de los árboles Dominante y codominante (en términos de número de árboles por hectárea) pertenece a una o varias especies de mangle. Las especies de mangle en Panamá son: *Avicennia bicolor*, *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y *Pelliciera rhizophorae*. Incluye también híbridos como el *Rhizophora × harrisonii*.
- **Bosque plantado de coníferas:** Bosque plantado, compuesto predominante por especies de coníferas, cuyas especies pertenecen a los géneros *Pinus*, *Abies*, *Picea*, *Cupressus*, *Thuja*, *Araucaria*, etc. con fines de conservación.
- **Bosque plantado de latifoliadas:** Bosque plantado, compuesto predominante por especies latifoliadas. Puede ser formado por especies exóticas o nativas con fines de protección, restauración, conservación, producción, recreación y científicos. Incluye también rebrote de rodales que fueron originalmente plantados o sembrados, así como aquellas áreas temporalmente sin árboles, luego de una tala rasa, y declaradas para reforestación.

Tierras de cultivos

- **Cultivos anuales:** Tierra con cultivos agrícolas temporales. No incluye la tierra que queda abandonada después de un cultivo migratorio. Los cultivos anuales se pueden subdividir en: arroz, caña de azúcar, horticultura mixta, maíz, piña, musáceas (plátano/banano).
- **Cultivos perennes:** Tierra con cultivos agrícolas perennes que permanecen de manera continua durante varios años (tales como el cacao y el café), con o sin presencia de árboles. Incluye también tierra con árboles y arbustos para la producción de flores, frutas y aceites, y viveros (excepto los viveros forestales, los cuales deben ser clasificados bajo "Bosque").

Los pastos están excluidos de la tierra con cultivo permanente. Los cultivos permanentes se pueden subdividir en: café, cítricos (naranjos, mandarinos, entre otros), palma aceitera, palma de coco y otro cultivo permanente (mangos, marañones, etc).

Pastizales

- **Pastos:** Tierra utilizada para producir forraje herbáceo, ya sea que éste crezca de manera natural o que sea cultivado.
- **Vegetación arbustiva y herbácea "Rastrojos":** Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, que generalmente no alcanzan los 5 m de altura in situ, y cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales. Se incluyen otros tipos de cobertura tales como las áreas cubiertas por vegetación arbustiva con dosel irregular y presencia de arbustos, palmas, enredaderas y vegetación de bajo porte. Aunque su origen puede ser antropogénico, en la actualidad su uso es marginal.

Nota: En este NRF dejan de clasificarse como bosque o tierra forestal, y se asigna la clasificación de tierras de pastizales. Esto se hizo con el fin de mejorar la estimación. Muchas veces la dinámica del rastrojo consiste en tierras de uso agropecuario que se abandonan por un tiempo, pero después de un periodo de algunos años se vuelven a reutilizar para el uso de cultivos o pasturas de ganado.

Los ecosistemas de páramo son muy escasos en Panamá. Generalmente se pueden encontrar como parches localizados en las cimas de los cerros Fábrega (3340 msnm), Itamut (3279 msnm) y Echandi (3162 msnm), dentro del Parque Internacional La Amistad (PILA) (Samudio 2001, ANAM 2004).

Humedales

Extensión de marismas, pantanos, turberas o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanente o temporal, estancado o corriente, dulce, salobre o salado, incluyendo sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

Se clasificaron en:

- **Superficie de Agua:** Cuerpo y cauce de agua permanente o estacional, localizado en el interior del continente, que puede bordear o encontrarse adyacente a la línea de costa continental. En caso de cuerpos y cauces de agua estacionales, deben permanecer con agua mínimo 4 meses durante el año.
 - Lagos: Superficie de agua natural de carácter abierto o cerrado. Incluye lagunas costeras con agua salobre.
 - Ríos: Corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable, con un ancho promedio del cauce mayor o igual a 15 metros, y desemboca en el mar, en un lago o en otro río.
- **Tierras bajas inundables naturales**¹⁹: Es aquella vegetación Dominada por especies herbáceas (heliconias, cortaderas, bejucos, etc.), y palmas, que puede incluir pequeñas áreas cubiertas de rastrojos y remanentes boscosos dispersos, la cual se encuentra en áreas planas cubiertas de agua dulce o salobre la mayor parte del año. En algunos lugares se les conoce con el nombre pantano, laguna o campo.
- **Tierras inundadas (*Artificial):** Se definen como masas de agua en las que las actividades humanas han causado cambios en el tamaño de la superficie cubierta por agua, generalmente mediante regulación del nivel del agua, tomando en consideración su uso para actividades de generación de electricidad, irrigación en áreas de producción agrícola y aquellas creadas para la navegación²⁰.

¹⁹ Clasificación y definiciones según ANAM/OIMT, 2003.

²⁰ Definición establecida por la Dirección de Cambio Climático, para ser interpretada a través de las imágenes de satélites y colocado en el sistema de clasificación del Mapatón 2021.

- **Estanque para acuicultura:** Cuerpo de agua artificial destinado a la cría de crustáceos y peces. Se ubican, generalmente, en las regiones adyacentes al mar. Son de forma regular, cuadrados o rectangulares, siempre llenos de agua.

Asentamientos

- **Asentamientos (Área cultural):** Lugar poblado con 1,500 o más habitantes y que partiendo de un núcleo central, presenta continuidad física en todas direcciones, hasta ser interrumpida por terrenos no edificados. Reúne todas, o la mayor parte de las siguientes características:
 - ✓ Servicio de alumbrado eléctrico
 - ✓ Acueducto público
 - ✓ Sistema de alcantarillado
 - ✓ Trazado de calles, varias de ellas pavimentadas y con aceras
 - ✓ Edificios contiguos o alineados
 - ✓ Uno o más colegios secundarios
 - ✓ Establecimientos comerciales
 - ✓ Centros sociales y recreativos
- **Infraestructura:** Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad. Ejemplo: zonas industriales o comerciales, red vial, ferroviaria y terrenos asociados, zonas portuarias, aeropuertos, obras hidráulicas, redes de transmisión eléctrica, etc.
- **Explotación minera:** Área sujeta a explotación de minerales e hidrocarburos. Incluye también áreas de explotación abandonadas por actividades mineras, y donde todavía no se ha dado un proceso de recuperación significativo.

Durante el Mapatón (2024), se consideraron asentamientos mayores y menores de 1.500 habitantes, áreas culturales e infraestructura. Cuando se está realizando un mapa de cobertura y uso del suelo (wall to wall), se utiliza un "shapefile" de población con el criterio de asentamiento con más de 1500 habitantes debido a la resolución espacial del sensor, por ende, se utiliza esta definición.

Otras Tierras

Se considera a toda la tierra que no ha sido definida como bosque u otros bosques. Esta categoría incluye: afloramientos rocosos y tierra desnuda, playa y arenal natural y albinas.

- Afloramiento Rocoso y tierra desnuda: son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados.

- Se localizan principalmente en las áreas de fuerte pendiente, donde predominan los sustratos de rocas duras y resistentes, asociadas con fallas y formaciones geológicas.
- Playa y arena natural: Terreno bajo y plano constituido principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación herbácea y/o arbustiva baja y dispersa (cobertura <30%). Se encuentran conformando playas litorales, playas de ríos, bancos de arena de los ríos y campos de dunas.
- Albinas: Área costera baja y esporádicamente bajo la influencia de la marea, desprovista de vegetación o cubierta por vegetación herbácea, arbustiva y arbórea de bajo porte, generalmente dispersa y escasa, y adaptada a los ambientes salobres. Se localizan en zonas asociadas con deltas, estuarios, lagunas y planicies costeras de inundación, generalmente ocupando espacios cóncavos detrás de la barra de playa. Son susceptibles a la inundación durante períodos de nivel alto del mar, tormentas y oleaje fuerte.

3.5.2. Recategorización para el Nivel de Referencia Forestal (NRF)

Para efectos de este NRF, se han asociado la categorización de las tierras con las prácticas de gestión y se obtuvieron las siguientes relaciones presentadas en la Tabla 7.

Tabla 7. Recategorización para el Nivel de Referencia Forestal

Categoría IPCC 2006	Subcategoría	Categorización para el NRF (hoja de cálculo)	Subdivisión por Uso de la tierra
Tierras forestales	<i>Tierras forestales que permanecen como tales</i>	F > F sin Disturbio	Bosque Maduro
			Bosque Secundario
			Manglar
			Plantación forestal de latifoliadas
			Plantación forestal de coníferas
		F > F [Remoción de Bosque, Cosecha]	Bosque Maduro
			Bosque Secundario
			Manglar
			Plantación forestal de latifoliadas
			Plantación forestal de coníferas
		F>F [Disturbio__Agricultura] F > F [Disturbio_Tala] F > F [Disturbio_Incendio] F > F [Disturbio_Leña]	Bosque Maduro
			Bosque Secundario
			Bosque de Manglar
			Plantación forestal de latifoliadas
			Plantación forestal de coníferas

Categoría IPCC 2006	Subcategoría	Categorización para el NRF (hoja de cálculo)	Subdivisión por Uso de la tierra
	<i>Tierras que cambian a Tierras forestales</i>	G > F	<i>De rastrojo a Bosque secundario</i>
Tierras de cultivo	<i>Tierras forestales que se convierten a tierras de Cultivo</i>	F > C	Cultivos perennes
			Cultivos anuales
Pastizales	<i>Tierras forestales que se convierten a pastizales</i>	F > G	Pasto
Humedales	<i>Tierras forestales que se convierten a humedales</i>	F > W	Vegetación Baja Inundable, Cuerpos de agua Artificial
Asentamientos	<i>Tierras forestales que se convierten a asentamientos</i>	F > S	Infraestructuras, Asentamientos, Minería
Otras tierras	<i>Tierras forestales que se convierten a otras tierras</i>	F > O	Suelo desnudo, Suelo Rocoso

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

3.6. Metodología aplicada a las Actividades REDD+

De acuerdo con la Decisión 1 / CP.16, párrafo 70, el NRF/NRF fue establecido para servir como punto de referencia²¹ para la implementación de las siguientes actividades REDD+, descritas en la Tabla 8.

²¹ Conviene en que, de conformidad con el párrafo 71 b) de la decisión 1/CP.16, los niveles de referencia de las emisiones forestales y/o los niveles de referencia forestal, expresados en toneladas de dióxido de carbono equivalente por año, son puntos de referencia para evaluar el desempeño de cada país en la ejecución de las actividades mencionadas en el párrafo 70 de la decisión 1/CP.16; (12/CP.17)

Tabla 8. Descripción de las actividades REDD+ y su aplicación en el nuevo NRF

Actividades REDD+	Definición	Descripción metodológica aplicada a nivel nacional
Deforestación	<p>La eliminación y destrucción de los bosques, utilizando cualquier método, se considera deforestación cuando una tierra forestal se convierte a un uso que está por debajo de los límites de la definición de bosque²². Esta práctica genera emisiones de GEI debido al cambio de uso de las tierras forestales a otra categoría de uso de tierra. También se le denomina desmonte o tala rasa.</p>	<p>Esta actividad abarca el cambio anual en los stocks de carbono de la biomasa, materia orgánica muerta, y suelos de tierras forestales que se pierden, es decir, que cambian a otro tipo de uso de la tierra: <i>Tierras forestales (bosque maduros, secundarios, manglares, plantaciones) a cultivos, pastos, humedales, asentamientos, y/u otras tierras</i>.</p> <p>En el proceso de deforestación, se pierde el 100% del carbono almacenado en la biomasa forestal, con la excepción del COS. Este supuesto se basa en las Guías del IPCC 2006, que indican que la biomasa forestal, al ser transformada en uso no forestal (como agricultura o ganadería), se convierte en una fuente importante de emisiones de carbono, principalmente a través de la quema o descomposición. Sin embargo, el COS no se pierde completamente, ya que puede permanecer en el suelo dependiendo del tipo de uso posterior del terreno. De acuerdo con las guías, este carbono en el suelo se evalúa en función del manejo y las prácticas agrícolas o ganaderas adoptadas. Así, las existencias de carbono en el tiempo 1 corresponden al carbono en la categoría forestal original antes de la deforestación, mientras que en el tiempo 2, las existencias se corresponden con el uso no forestal resultante, considerando la posible retención o liberación del COS dependiendo del uso del suelo. Mayores detalles en la siguiente sección.</p>
Degradación	<p>Se considera degradación forestal el detrimento de un bosque maduro, bosque secundario o cualquier tipo de bosque natural o plantación forestal de la cual se extraiga biomasa forestal por efecto de un disturbio o pérdida parte de su biomasa por incendios Es primordial mencionar que según la definición de degradación y por sucesión ecológica, los bosques maduros no pueden pasar directamente a la categoría bosque secundario. La degradación forestal se da en tierras forestal con disturbios. Estos disturbios son: Incendios, Tala y agricultura itinerante.</p>	<p>Los disturbios como incendios, tala, agricultura itinerante y extracción de leña causan una pérdida parcial de biomasa forestal, liberando CO₂ y gases No CO₂ a la atmósfera debido a la destrucción o quema de la vegetación. La extracción de leña también contribuye a estas emisiones. Sin embargo, se asume que no hay cambios significativos en el carbono orgánico del suelo (COS) si el bosque sigue siendo utilizado de manera forestal, ya que el COS no se altera considerablemente a menos que el área sea transformada en uso no forestal, como la agricultura o pastoreo. Las emisiones de CO₂ se deben contabilizar</p>

22 La definición de bosque se incluye en la sección 4. del presente documento

Actividades REDD+	Definición	Descripción metodológica aplicada a nivel nacional
		principalmente por la pérdida de biomasa y las actividades de manejo del suelo. Mayores detalles en la siguiente sección.
Incremento de las existencias de carbono	Absorciones de CO ₂ resultantes de la conversión de tierras no forestales (tierras de cultivos, pastizales, humedales y otras tierras) a tierras forestales (principalmente a rastrojos y plantaciones forestales), producto de actividades orientadas a la forestación, restauración, reforestación y regeneración natural en áreas gestionadas.	Cuando se identifica una transición de rastrojo a bosque secundario o pastos a plantaciones forestales a través del sistema de monitoreo, se aplica la estimación de biomasa correspondiente al estado posterior a la transición. Este enfoque permite reflejar de manera más precisa la realidad, evitando sobreestimar las remociones de CO ₂ de la atmósfera. Si se utilizara directamente la biomasa promedio del inventario forestal, se estaría considerando la biomasa de un bosque secundario de mayor edad, lo cual no representa el estado inicial del bosque tras la conversión. Para estimar la biomasa después de la conversión, se utilizaron valores del inventario forestal ajustados mediante supuestos específicos, que se detallan en los anexos. Mayores detalles en la siguiente sección
Manejo sostenible	Corresponde al manejo forestal para el aprovechamiento de bosques naturales bajo criterios técnicos de producción racional e integral, en la que el volumen o unidades extraídas del bosque, en el espacio y tiempo, sea igual o menor al volumen o unidades que produciría dicho bosque, de forma natural, dentro del mismo tiempo y espacio, permitiendo la generación de beneficios tangibles e intangibles a largo plazo, sin afectar sensiblemente el ecosistema. Son las emisiones relacionadas con las cosechas de los bosques reflejadas en las estadísticas nacionales.	El balance de estas actividades incluye el cambio anual de las existencias de carbono en la biomasa aérea y subterránea, así como la materia orgánica muerta de tierras forestales que permanecen como tal, por tala y poda (aprovechamiento forestal). En Panamá, el cálculo del COS se realizó utilizando como fuente principal el Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap), desarrollado por la FAO y el Panel Técnico Intergubernamental sobre Suelos (ITPS). Este mapa proporciona estimaciones armonizadas de las reservas de carbono en los primeros 30 cm del suelo, basadas en datos nacionales procesados y ajustados con covariables ambientales mediante técnicas de mapeo digital del suelo. Panamá integró su base de datos nacional de datos de actividad con este. mapa. Este enfoque permitió obtener una línea base confiable para evaluar los stocks de COS en diferentes tipos de uso del suelo y monitorear los cambios asociados a las transiciones de uso y cobertura de la tierra. Mayores detalles en la siguiente sección.

Actividades REDD+	Definición	Descripción metodológica aplicada a nivel nacional
Conservación	Se consideran aquellas tierras forestales que permanecen como tales sin disturbios (las tierras forestales con disturbio se clasifican bajo la actividad de degradación), ocasionadas por un conjunto de actividades humanas y de política nacional cuya finalidad es garantizar la integridad de un ecosistema forestal, así como sus bienes y servicios ambientales a través de la preservación de los recursos naturales presentes.	El balance de estas actividades incluye el cambio anual de las existencias de carbono en la biomasa aérea y subterránea, así como la materia orgánica muerta de tierras forestales que permanecen como tal sin disturbios (bosques maduros que permanecen, bosque secundario que permanece, manglar que permanece, y plantaciones que permanecen). Se asume que las existencias de COS están en equilibrio y equivalen a las existencias promedio para cada tipo de bosque. El crecimiento de la biomasa es positivo, i.e. los bosques en Panamá acumulan biomasa, según información recabada por Hall et. Al 2022. Mayores detalles en la siguiente sección
Gases No CO₂ (CH₄ y NO₂)	El metano (CH ₄) tiene un potencial de calentamiento global (PCG) aproximadamente 25 veces mayor que el del CO ₂ en un horizonte temporal de 100 años. Se genera principalmente por actividades agrícolas (especialmente la ganadería), la gestión de residuos, la quema de biomasa forestal y la extracción de combustibles fósiles. Aunque el metano tiene una vida atmosférica más corta (alrededor de 12 años), su impacto en el cambio climático es significativo debido a su alta capacidad para atrapar calor. Por otro lado, el óxido nitroso (N ₂ O), aunque tiene un PCG relativamente bajo en comparación con otros gases, contribuye indirectamente al cambio climático al formar ozono troposférico, un potente gas de efecto invernadero. El N ₂ O proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles, la quema de biomasa forestal y las actividades agrícolas, como la fertilización del suelo.	Para estos gases se estiman desde los incendios que ocurren en tierras forestales. Básicamente, los datos de actividad provienen de la Dirección de Verificación y Desempeño Ambiental (DIVEDA) y se aplicaron las fórmulas sugeridas por las guías del IPCC 2006

Fuente: MIAMBIENTE 2025. *Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.*

3.6.1. Consideraciones

A continuación, se presenta información más detallada sobre las consideraciones que el país ha tenido en cuenta respecto a las actividades REDD+.

Reducción de emisiones por deforestación

La estimación de la deforestación se realizó mediante una detección visual utilizando imágenes satelitales de Landsat 8, Landsat 7, Sentinel-2 y Planet. Adicionalmente, se emplearon imágenes de alta resolución disponibles en Google Earth Pro para complementar y validar el análisis. Para clasificar una parcela como bosque, se aplicó una regla de jerarquía basada en la proporción de cobertura forestal dentro de la parcela. Se consideró bosque si al menos el 30% de la parcela estaba cubierto por copas de árboles, lo que equivale a que al menos 8 puntos de muestreo dentro de la parcela (representando un 32% de su superficie) mostraran características típicas de un bosque en las imágenes. Este enfoque permitió mejorar la precisión de la clasificación y garantizar que los resultados reflejen de manera más fiel las condiciones reales del terreno.

Adicionalmente, se revisó el entorno inmediato de la parcela para analizar la dinámica de uso y cambio de uso del suelo en sus alrededores, siguiendo la definición de tierras forestales. En los casos donde la parcela fue clasificada como "Tierra No Forestal", se realizó una verificación retrospectiva hasta el año 2010 para determinar si anteriormente había sido bosque.

Este análisis retrospectivo permitió diferenciar entre bosques primarios y secundarios, considerando el punto de partida en el que la parcela había sido identificada como bosque por última vez. Los bosques primarios se definieron como áreas que han permanecido como bosque desde antes del año 2010 sin interrupciones significativas en la cobertura, mientras que los bosques secundarios se identificaron como aquellas áreas que mostraron signos de recuperación forestal tras haber experimentado un cambio de uso del suelo en algún momento posterior al 2010.

Una de las principales novedades de este nuevo NRF es la decisión de no clasificar los rastrojos como bosques. Este cambio representa una mejora significativa con respecto al último NRF, ya que permite una mayor precisión en las estimaciones y una mejor alineación con las definiciones internacionales de cobertura forestal.

Al diferenciar los rastrojos de los bosques, se reconoce de manera más adecuada su papel dentro de las dinámicas de uso del suelo, especialmente en actividades agropecuarias. La limpieza de rastrojos, comúnmente utilizada en tierras que se abandonan temporalmente y luego se preparan nuevamente para la siembra, ahora se documenta de forma más precisa, lo que contribuye a mejorar la calidad y utilidad de los datos recopilados para la planificación y monitoreo.

Este enfoque más riguroso y diferenciado es un paso hacia adelante en el perfeccionamiento de las metodologías utilizadas, cumpliendo con las expectativas de la COP y promoviendo una gestión sostenible y transparente de los recursos forestales. En el país, más de la mitad de los rastrojos se destinan a este tipo de uso agropecuario. Al no incluirlos como bosques, se evita la sobreestimación de la deforestación y, por ende, la sobreestimación de las remociones asociadas a estas prácticas, por el crecimiento de los rastrojos.

Reducción de emisiones por degradación forestal

Para determinar el balance de emisiones debido a la degradación forestal para este NRF, se consideraron las perturbaciones relacionadas con la tala, la agricultura itinerante (que generalmente ocurre como cultivo de subsistencia), los incendios (fuego) y la extracción de leña. Es importante destacar que las talas no deben implicar un cambio de uso de la tierra. Por ello, solo se toman en cuenta degradaciones que no representen un cambio permanente de uso, sino aquellas asociadas a actividades temporales, como el aprovechamiento y las prácticas de siembra y cosecha de subsistencia, donde el uso agropecuario se mantiene en una pequeña porción, inferior a la definición de una superficie de bosque en tierras forestales que permanecen como tales.

Asimismo, se incluyen talas dispersas que provocan cambios en el dosel y el sotobosque, pero que no representan un cambio de uso de la tierra. En cuanto a los incendios, se toman en cuenta exclusivamente aquellos que ocurren en tierras forestales para el NRF, mientras que en el INGEI se consideran tanto los incendios en tierras forestales como en pastizales, tierras de cultivo e, incluso, humedales, si existieran.

Los registros de incendios, provenientes de las estadísticas nacionales, se utilizan para estimar las emisiones de CO₂ y otros gases no-CO₂ (CH₄ y N₂O), fortaleciendo la capacidad de monitoreo y reporte de las emisiones derivadas de las diferentes dinámicas en las tierras forestales y no forestales.

Es importante aclarar que los datos de actividad sobre incendios forestales no provienen de LUA app, sino de estadísticas recopiladas por las oficinas regionales del Ministerio de Ambiente de Panamá. En este caso, los datos provienen de la recopilación en campo por las oficinas regionales del Ministerio de Ambiente de Panamá, donde se usan formularios para registrar información sobre el volumen de madera (m³) extraída, el lugar de extracción, entre otros detalles. Sin embargo, la falta de coordenadas precisas para los árboles extraídos limita la posibilidad de cruzar esta información con los datos geoespaciales obtenidos de la LUA app.

Asimismo, es importante resaltar que las talas reportadas como aprovechamiento sostenible y aquellas asociadas a tala o agricultura itinerante son actividades diferentes y deben ser tratadas con precisión. Estas prácticas son identificadas y diferenciadas claramente, en este contexto, la aclaración sería la siguiente:

- **Aprovechamiento sostenible:** Este tipo de tala se realiza bajo criterios de manejo forestal responsable, donde se permite la extracción de madera de manera controlada y con el fin de mantener la salud del ecosistema forestal a largo plazo. Las prácticas de aprovechamiento sostenible se realizan dentro de un marco regulatorio que garantiza la regeneración natural de los bosques.
- **Tala o agricultura itinerante:** En contraste, la tala asociada con prácticas de agricultura itinerante se refiere a la eliminación de bosques para abrir espacio para cultivos temporales, y a menudo no sigue las mismas pautas sostenibles. Este tipo de actividad tiene un impacto más negativo sobre la estructura y la función del ecosistema forestal, ya que suele ser una tala sin control que no busca la regeneración del bosque.

Al aclarar estas distinciones, podemos evitar malentendidos o sugerencias incorrectas de que hay una doble contabilidad. La clave está en reconocer que son actividades distintas, con objetivos y resultados diferentes en cuanto a su impacto en los ecosistemas.

Extracción de madera para leña

En Panamá no existen actividades extensivas de tala de bosques con fines de producción de leña y tampoco existe un mercado altamente comercial de leña. Además, no existen registros, ni mecanismos de control sobre la actividad de producción, fuente, transporte y consumo de leña que permitan determinar las áreas específicas de extracción.

La cantidad de leña se estima multiplicando la cantidad de hogares que consumen leña (tomada de los censos de población y vivienda del INEC), por la cantidad promedio de leña que consume una familia promedio por año (este consumo se obtuvo de un estudio sobre el consumo de leña por hogar). Los datos sobre el consumo de leña los suministra la Secretaría Nacional de Energía, instancia encargada de las políticas energéticas del país. Lo que existen son pequeñas empresas familiares y pequeños restaurantes que consumen leña para la producción de pizzas, panes, dulces y miel, pero el mayor consumo de leña se da en los hogares para cocinar alimentos.

El uso de la leña como recurso dendroenergético, se da principalmente por personas de escasos recursos y que mayoritariamente viven en áreas rurales. Por lo general utilizan partes de árboles previamente talados, como ramas y partes del tronco y las fuentes son variadas, entre ellas: i) Madera proveniente de la tala de bosques para usos agropecuarios, ii) Podas, raleos y aprovechamientos de plantaciones forestales y iii) Tala de árboles fuera del bosque, sobre todo en fincas agropecuarias (tierras de cultivos y pastizales con árboles en cerca, hileras, bloques o formaciones con una estructura boscosa pero menores a media hectárea).

Es posible realizar un análisis comparativo entre las emisiones totales derivadas del consumo de leña, basándose en datos censales y patrones de consumo, y el total de emisiones del NRF. Esta comparación podría proporcionar una perspectiva cuantitativa sobre el impacto relativo de estas emisiones en el contexto general del nivel de referencia.

Tabla 9. Análisis comparativo entre las emisiones totales derivadas del consumo de leña y el total de emisiones del NRF

	2016	2017	2018	2019	2020
Emisiones por consumo de Leña	523,845.01	520,617.36	517,417.42	514,209.02	512,303.33
Remociones netas	-15,437,510.35	-18,773,915.99	-19,635,385.47	-16,327,805.94	-19,529,117.33
Porcentaje con respecto al NRF	3.39%	2.77%	2.64%	3.15%	2.62%
Promedio 2016-2020	2.91%				

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Los resultados de la Tabla 9 muestran que las emisiones por consumo de leña representan una fracción menor y no significativa (como lo sugiere el promedio de 2.91%), esto permitiría

evidenciar que la incidencia de una posible doble contabilidad en este aspecto no constituye un problema grave desde el punto de vista metodológico. Además, esta evidencia fortalecería la justificación de las metodologías empleadas, mostrando que cualquier inexactitud en este rubro no compromete las estimaciones nacionales ni el cumplimiento de las expectativas internacionales.

Las plantaciones forestales de latifoliadas y coníferas en Panamá se caracterizan por ser sistemas manejados activamente para cumplir con objetivos productivos, como la producción de madera, biomasa o servicios ecosistémicos. La tala y el raleo no pueden considerarse perturbaciones en este contexto porque forman parte integral del manejo forestal planificado, diseñado para optimizar el crecimiento, la calidad del producto y la sostenibilidad del sistema. Estas actividades son gestionadas de manera deliberada y calculada, con el propósito de mejorar la productividad y mantener la salud del ecosistema forestal.

En contraste, las perturbaciones, según las Guías del IPCC 2006, se refieren a eventos no controlados o accidentales que afectan negativamente la estructura y función de los ecosistemas forestales, como los incendios, plagas, enfermedades, o eventos climáticos extremos. Estos son eventos externos al manejo planificado y, por lo tanto, tienen impactos impredecibles en las existencias de carbono.

Por lo tanto, las tala y raleo en plantaciones forestales deben considerarse actividades propias de su manejo y no perturbaciones. La única perturbación significativa en este contexto sería un evento no gestionado, como un incendio, que escape al control del manejo forestal y cause una pérdida no planificada de biomasa y carbono almacenado. Este enfoque permite diferenciar entre las emisiones y cambios de carbono derivados de prácticas manejadas y aquellas resultantes de eventos disruptivos no intencionados.

Sin embargo, sería prudente mencionar este análisis como parte de las acciones futuras para afinar los cálculos y garantizar la mayor transparencia y solidez técnica en los reportes, alineándose con las mejores prácticas internacionales de monitoreo de emisiones.

Si bien es cierto que las mejoras en los inventarios de emisiones deben enfocarse prioritariamente en las categorías clave, el Ministerio de Ambiente considera importante, de cara al futuro, realizar recomendaciones para fortalecer la recolección de información sobre el uso de leña, particularmente en aspectos que están fuera de su jurisdicción y son responsabilidad de la Secretaría de Energía. Este enfoque busca fomentar una mayor precisión en la contabilidad de emisiones asociadas y promover la colaboración interinstitucional, reconociendo la necesidad de articular esfuerzos para gestionar integralmente las emisiones vinculadas al uso de este recurso energético.



Incremento de las existencias de carbono forestal

Aumento de las absorciones de CO₂ resultantes de la conversión de tierras no forestales (tierras de cultivos, pastizales, humedales y otras tierras) a principalmente bosques secundarios y plantaciones forestales), producto de actividades orientadas a la forestación, restauración, reforestación y regeneración natural en áreas gestionadas. Esta transición pasa primero por vegetación arbustiva o rastrojo, y luego, si se evidencia un cambio sucesional y en la estructural del dosel, se clasifica como bosque secundario (bosque joven). También si se evidencia (con los sensores remotos) que los pastos se transforman a plantaciones latifoliadas y coníferas se consideran incremento de las existencias de carbono forestal.

Es importante destacar que, con la tecnología utilizada, no fue posible observar la transición del bosque secundario al bosque maduro. Esto se debe a que dicho proceso requiere un período prolongado, de aproximadamente 80 años o más, lo cual excede el periodo de referencia analizado. Para evidenciar esta transición, sería necesario realizar estudios más detallados, emplear tecnologías más avanzadas y contar con una serie temporal más extensa. Cabe mencionar que, dentro de esta categoría, también se considera como aumento de stock de carbono la conversión de pastos y tierras de cultivo en plantaciones forestales, ya sean de especies latifoliadas o coníferas.

El enfoque de interpretación para analizar el aumento de los acervos de carbono en las parcelas puede describirse de la siguiente manera: si una parcela fue deforestada en un momento determinado y, posteriormente, debido a condiciones naturales o asistidas, inició una sucesión ecológica que dio lugar a un rastrojo, este, al transcurrir 5 años sin alteraciones y cumpliendo con las especificaciones establecidas para bosque en Panamá, se transforma en un bosque secundario. En este proceso, se produce un incremento en la biomasa forestal, lo que representa un aumento en el stock de carbono.

Tabla 10. Distinción por medio de imágenes satelitales

	
<p>En la imagen de la izquierda, tomada en 2017, se observa un área con rastrojo, caracterizada por una vegetación baja y fragmentada.</p>	<p>En esta imagen del 2023, muestra una transformación significativa, donde la vegetación ha crecido y densificado, indicando la transición hacia un bosque secundario, producto del proceso natural de regeneración ecológica.</p>

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Conservación de las existencias de carbono

Se consideran aquellas tierras forestales que permanecen como tales, por un conjunto de actividades humanas cuya finalidad es garantizar la integridad de un ecosistema forestal, así como sus bienes y servicios ambientales a través de la preservación de los recursos naturales presentes. Es decir, mantienen sus procesos naturales de emisión de GEI y absorciones de CO₂. Bajo esta actividad se clasifican todas las tierras forestales que no presentaron disturbios

durante el periodo histórico de referencia (2016-2020). Las tierras forestales que presentaron disturbios se clasifican bajo la actividad de degradación forestal.

Manejo sostenible de los bosques

Corresponde al manejo forestal para el aprovechamiento de bosques naturales bajo criterios técnicos de producción racional e integral, en la que el volumen o unidades extraídas del bosque, en el espacio y tiempo, sea igual o menor al volumen o unidades que produciría dicho bosque, de forma natural, dentro del mismo tiempo y espacio, permitiendo la generación de beneficios tangibles e intangibles a largo plazo, sin afectar sensiblemente el ecosistema. En esta categoría se registran las emisiones de GEI y absorciones de CO₂ que resultan del manejo forestal.

La información sobre las estadísticas forestales de aprovechamiento de madera proveniente de los permisos comunitarios, poda, tala, entre otros que manejan los datos en volumen, especie y número de árboles aprovechados son los que permiten estimar las emisiones producto de estas remociones de masa vegetal del bosque. En párrafos anteriores se explica, como se diferencian las actividades de manejo sostenible y otras actividades

La extracción de leña para uso energético (datos de la secretaría de energía) no se incluye dentro de esta actividad REDD+ dado que en la práctica no existe un protocolo de extracción ni un plan de manejo para el aprovechamiento de este recurso. De hecho, la leña extraída carece de un sistema de permisos que garantice su uso sostenible.

Más detalles sobre procesos metodológicos del Mapatón se encuentran en la carpeta Anexos en el documento denominado "[Anexo1. Protocolo para la interpretación de unidades de muestreo con imágenes de satélites utilizando la plataforma Collect Earth Online \(CEO\)](#)".

Madera extraída de los bosques

La madera extraída de los bosques con fines distintos al uso dendroenergético, sobre la que se realizaron estimaciones de emisiones de GEI, proviene de las siguientes actividades forestales de extracción:

- Concesiones forestales, otorgadas sobre bosques nativos, en polígonos claramente definidos y bajo planes de manejo con un enfoque de uso cuidadoso y racional. En promedio, se extraen de forma selectiva entre 1 a 3 árboles/ha., con un promedio que varía de 15 a 25 m³/ha (en estas actividades no se da la tala rasa del bosque). Las concesiones forestales también se otorgan en áreas privadas, cuyo aprovechamiento se realiza bajo planes de manejo y sobre polígonos claramente definidos y la intensidad de extracción es de 3 árboles/ ha.
- Permisos de extracción, otorgado a personas de escasos recursos para el corte de 1 a 2 árboles por persona por mes, sobre áreas con bosques nativos. Estos permisos se otorgan en todo el territorio nacional en los que existan bosques nativos, siempre y cuando no estén dentro del sistema de áreas de conservación. También incluye permisos para usos locales, no comerciales, según las necesidades del solicitante, pero la cantidad de árboles es limitada.

Como estos permisos están dispersos en todo el territorio y no sobre áreas específicas destinadas a estos propósitos, no es posible implementar planes de manejo, por lo que en cierta medida degrada la capacidad productiva de madera comercial del bosque. En estos

casos, como compensación, los taladores deben plantar 10 plántones por cada árbol talado, pero la selección del sitio queda a discreción de los taladores.

- Aprovechamiento de plantaciones forestales. La biomasa de esta madera no se incluye en las estimaciones de las emisiones dentro de los bosques nativos; se aplica a plantaciones.

Si bien actualmente no hay una manera efectiva de demostrar con datos espaciales que las estadísticas de aprovechamiento forestal no impliquen un cambio de uso de la tierra, la información disponible permite deducir razonablemente que no ha habido un cambio de uso, especialmente en casos donde se extraen cantidades limitadas de árboles en áreas pequeñas.

El hecho de que la extracción de unos pocos árboles (por ejemplo, 5 o 10 en una arbolada) no es suficiente para generar un cambio de uso significativo en la tierra es una observación lógica, pues el aprovechamiento forestal, en este caso, parece ser limitado y controlado. Esto implica que el uso del suelo no se transforma hacia otros fines (como agricultura o urbanización), sino que simplemente se realiza una extracción dentro del mismo ecosistema forestal sin afectar su función general ni su estructura como bosque.

En algunos limitados casos, es probable que se aproveche la madera comercial de los bosques que se talan bajo autorización del MiAMBIENTE, para el desarrollo de proyectos bajo estudios de impacto ambiental y que requieren remover el bosque para su ejecución. Este volumen no es posible determinarlo con la información actualmente disponible, ya que los registros no indican la madera proveniente de estos proyectos. Sin embargo, se estima que la proporción de madera aprovechada en estos casos es muy pequeña en comparación al total de la madera que se aprovecha en el país. Aun cuando se tiene la percepción de que en este caso ocurre doble contabilidad, se estima que la cantidad de emisiones relacionadas a esta madera es marginal.

Como parte de las mejoras para las estimaciones de las emisiones de GEI, se prevé trabajar en los formularios de registro de los permisos y guías de movilización de madera, de tal manera que permitan registrar la cantidad de madera procedente de estos proyectos, información que permitiría descontar la biomasa de esta madera de la biomasa de los bosques que sean removidos por estos proyectos.

3.6.2. Justificación para tomar línea base el periodo 2016-2020

Entre 2016 y 2020, Panamá implementó diversas políticas y acciones enfocadas en la conservación y gestión sostenible de sus recursos forestales. A continuación, se detallan las principales iniciativas y fenómenos naturales que afectaron las tierras forestales durante este período:

- **Estrategia Nacional Forestal 2050 (2020):** En 2020, Panamá adoptó la Estrategia Nacional Forestal 2050, cuyo objetivo es garantizar la conservación de los bosques y promover el manejo sostenible de los recursos forestales. Esta estrategia busca alinear las políticas nacionales con los compromisos internacionales en materia de cambio climático y biodiversidad.
- **Programa Nacional de Restauración Forestal (2019):** En 2019, el gobierno panameño presentó el Plan Estratégico de Gobierno 2021-2025, que incluye 125 acciones prioritarias. La acción número 76 es el lanzamiento del Programa Nacional de Reforestación de cuencas productoras de agua, estructurado con una

visión de país e invitando a la participación de la sociedad civil, entidades gubernamentales, empresas privadas, escuelas y universidades para aportar a la meta nacional de restauración.

- **Creación y gestión de áreas protegidas (2017):** En 2017, se implementó el Decreto Ejecutivo No. 33, que reglamenta el procedimiento para otorgar concesiones de administración en áreas protegidas. Esta medida busca fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), fundamental para el ordenamiento territorial y el desarrollo sostenible del país.
- **Participación en iniciativas internacionales (2018):** En 2018, Panamá marcó un hito al convertirse en el primer país en incluir las cinco actividades REDD+ en su informe de carbono, demostrando su compromiso con la transparencia y la coherencia en la presentación de información sobre los niveles de referencia forestal. Al adoptar este enfoque integral, el país busca evaluar los resultados de esta estrategia, analizando cómo estas actividades han contribuido a la reducción de emisiones, al aumento de la cobertura forestal y al manejo sostenible de los bosques, fortaleciendo así sus compromisos climáticos internacionales.

Otra razón sumamente importante y dentro del contexto político es que Panamá va alinear el NRF con los tiempos de las CND que debe de presentar el país cada cinco años y ver con mayor precisión el avance de la misma dentro de este sector de acuerdo al compromiso país.

Fenómenos naturales que afectaron las tierras forestales:

Huracanes Eta e Iota (noviembre de 2020): Aunque Panamá no suele ser directamente impactado por huracanes, en noviembre de 2020, el país experimentó efectos indirectos significativos debido al paso de los huracanes Eta e Iota. Estos fenómenos provocaron lluvias torrenciales, crecidas de ríos, deslaves e inundaciones, afectando áreas forestales y comunidades rurales.

Fenómeno del Niño (2015-2016): El evento de El Niño 2015-2016 fue uno de los más fuertes registrados históricamente, comparable en intensidad a los eventos de 1997-1998. Estas condiciones favorecieron incendios forestales que afectaron bosques naturales y áreas protegidas, especialmente en la vertiente del Pacífico. Además, se produjo una degradación temporal de la cobertura forestal, fragmentación de hábitats y emisiones de carbono por incendios.

Consideraciones técnicas clave para la selección del periodo histórico:

- Mejora en la calidad de los datos de actividad: A partir de 2015, la incorporación de satélites como Sentinel-2 y Planet, junto con Landsat 7 y 8, ha proporcionado imágenes de mayor resolución y frecuencia. Esto ha permitido una interpretación visual más precisa y detallada de las coberturas forestales, reduciendo incertidumbres en la estimación de emisiones y absorciones de carbono. Utilizar datos de este período garantiza una base más sólida y confiable para el NRF.
- Representatividad de las condiciones actuales: Un período más reciente refleja de manera más fiel las tendencias y dinámicas forestales actuales, incluyendo cambios en las tasas de deforestación, degradación y esfuerzos de conservación. Esto es

esencial para que el NRF sea un punto de referencia realista y aplicable a las circunstancias presentes del país.

1. Consistencia con las políticas y acciones recientes: Entre 2015 y 2020, Panamá implementó políticas significativas en materia forestal, como la Estrategia Nacional Forestal 2050 y el Programa Nacional de Restauración Forestal. Estos esfuerzos han influido en la dinámica de los bosques, y un NRF basado en este período capturará mejor el impacto de dichas políticas.
2. Consideración de fenómenos naturales relevantes: Durante este período, Panamá experimentó eventos climáticos como los huracanes Eta e Iota en 2020, que afectaron las áreas forestales. Incluir estos años en el NRF permite incorporar el impacto de estos fenómenos en las emisiones y absorciones de carbono, proporcionando una visión más completa de las variaciones en las reservas de carbono forestal.

Cumplimiento de las directrices internacionales:

La elección del período 2016-2020 para el NRF de Panamá también responde a la necesidad de mantener coherencia con los objetivos y compromisos establecidos en la NDC y sus futuras actualizaciones. Este marco temporal permite capturar de manera más precisa los impactos de las políticas y acciones implementadas durante los años previos a la presentación de la NDC actualizada, como la Estrategia Nacional Forestal 2050 y el Programa Nacional de Restauración Forestal. Además, el período incluye datos relevantes sobre fenómenos naturales y tendencias recientes que afectan las dinámicas forestales, lo cual refuerza la validez del NRF como herramienta de monitoreo y evaluación para medir el progreso hacia las metas de reducción de emisiones y aumento de la resiliencia climática establecidas en la NDC. Esta alineación asegura que el NRF refleje con precisión los avances nacionales, consolidando a Panamá como un referente en la implementación de compromisos climáticos bajo el Acuerdo de París.

La selección del período 2016-2020 para el NRF de Panamá se fundamenta en la disponibilidad de datos más precisos, la representatividad de las condiciones actuales, la alineación con políticas recientes, la consideración de eventos naturales significativos y el cumplimiento de las directrices nacionales e internacionales.

3.6.3. Análisis de doble contabilidad de emisiones en el contexto de monitoreo forestal en Panamá

3.6.3.1. Introducción

En el desarrollo del Nivel de Referencia Forestal de REDD+ en Panamá, se utilizan dos fuentes principales de información para monitorear dinámicas forestales:

- Los datos colectados por la aplicación *Land Use Assessment Application* (LUA app), que documentan perturbaciones en el bosque natural, incluyendo eventos de tala rasa en áreas específicas, reportados en hectáreas.
- Las estadísticas oficiales del Ministerio de Ambiente, que reportan los aprovechamientos forestales legales, documentando la extracción de árboles mediante permisos específicos, reportados en número de árboles y volumen (m³).

Dado que ambos sistemas recopilan información relacionada con la extracción de recursos forestales, ha surgido la preocupación de una posible doble contabilidad de emisiones. En el siguiente apartado se analiza y sustenta técnicamente por qué no existe traslape en los datos ni doble contabilidad en las emisiones reportadas.

3.6.3.2. Características de las Fuentes de Información

a. Datos de LUA app

Propósito: Adicional al objetivo de determinar los usos y cambios de uso de la tierra. Con esta aplicación es posible monitorear perturbaciones en bosques naturales sin cambio de uso de la tierra, como talas rasas ilegales o no reguladas, que se consideran degradación forestal. Esto se logra estableciendo reglas claras de fotointerpretación. Más información sobre ésta se puede encontrar en la sección 3.8 Datos de actividad para usos y cambios de uso de la tierra.

Escala de reporte: Hectáreas afectadas por eventos de tala.

Metodología:

- Colecta datos de áreas específicas con tala rasa de un porcentaje significativo del bosque en parcelas predefinidas. Concretamente, se procura que las talas rasas ilegales, y el establecimiento de agricultura itinerante no sea mayor del 68% de la parcela (que mide 1 ha).
- Se clasifica estos eventos como degradación forestal debido a la remoción de biomasa, independientemente de que el propósito sea legal o no. Adicional, estas remociones no implican cambios en el uso de la tierra a lo largo del periodo analizado.

Enfoque: Dinámica del paisaje forestal a gran escala, considerando áreas impactadas.

b. Estadísticas del Ministerio de Ambiente

Propósito: Registrar y controlar los aprovechamientos forestales autorizados mediante permisos legales.

Escala de reporte:

- Número de árboles específicos extraídos.
- Volumen de madera (m³) asociado a cada extracción.

Metodología:

- Cada permiso detalla las especies aprovechadas, la cantidad de árboles y el volumen de biomasa extraída.
- La mayoría de los aprovechamientos de bosque natural en Panamá son talas selectivas, donde se extraen árboles individuales.

Enfoque: Monitoreo puntual de aprovechamientos regulados, sin considerar dinámicas de degradación más amplias.

3.6.3.3. Diferencias en la escala de análisis

LUA: Evalúa el impacto ambiental en términos de áreas completas (hectáreas) afectadas por perturbaciones de tala rasa.

Estadísticas forestales del Ministerio: Registra volumen y número de árboles específicos aprovechados bajo permisos legales, sin evaluar áreas de impacto más amplias.

La discrepancia entre las escalas de análisis asegura que los datos generados no se solapan, ya que LUA no cuantifica árboles individuales, y el Ministerio no mide áreas degradadas. Para comprender este concepto, presentamos un ejemplo sobre la implicancia de la diferencia entre magnitudes que provienen de estas dos fuentes:

Ejemplo Concreto del Registro de Aprovechamientos

A partir del análisis de la base de datos del Ministerio de Ambiente para 2023:

- Promedio de árboles aprovechados por permiso: La mayoría de los permisos registran entre 1 y 5 árboles extraídos por evento, con un volumen promedio bajo (menos de 20 m³ por permiso).
- Tipo de extracción: Predominante árboles individuales, clasificados como maderables, frutales u ornamentales.
- Clasificación: Este tipo de actividad no genera degradación a escala de hectáreas, como sí lo hace la tala rasa monitoreada por LUA app.

Algo importante a considerar es que las talas rasas de bosque natural están reglamentadas en los estudios de impacto ambiental, por eso consideramos que las talas rasas colectadas en LUA app no están reglamentadas en los registros de aprovechamiento forestal.

También, otro claro ejemplo de diferenciación es que cuando encontramos valores de aprovechamiento grandes, pertenecen a extracciones en plantaciones forestales, teca en su mayoría. En cambio, el dato determinado con la LUA app proviene de cambios en bosque natural, no en plantaciones.

3.6.3.4. Distinción en la Metodología

Los datos de LUA app representan degradación forestal (remoción de biomasa en el paisaje), mientras que las estadísticas del Ministerio reflejan extracciones autorizadas en bosques naturales, predominante mediante tala selectiva.

Ejemplo: Un permiso del Ministerio de Ambiente puede registrar la extracción de 15 árboles en una zona específica, pero LUA solo capturaría ese evento si se tradujera en una perturbación más amplia (que pueda observarse en la imagen satelital empleada Sentinel, Landsat o Planet), lo cual no ocurre en talas selectivas.

3.6.3.5. Enfoque Diferenciado de los Registros

Por todo lo explicado en párrafos anteriores, se puede decir, de manera general que los datos de LUA app incluyen talas no reguladas (e.g., ilegales o sin cumplir requisitos legales), mientras que las estadísticas ministeriales documentan exclusivamente actividades bajo regulación oficial.

Esto garantiza que no se duplique el registro de eventos legales e ilegales, ya que ambos sistemas monitorean dinámicas completamente diferentes.

3.6.3.6. Dinámicas de Tala Rasa y Tala Selectiva

- **Tala Rasa (LUA):** Se da en eventos que afectan áreas extensas de bosque. En Panamá, este tipo de eventos ocurre principalmente en plantaciones comerciales (e.g., teca) y no en bosques naturales.
- **Tala Selectiva (Estadística del Ministerio):** En bosques naturales, los permisos legales están orientados a la extracción de árboles individuales, sin impacto significativo en el área circundante. Esto no se contabiliza en los datos de LUA app.

3.6.3.7. Separación de Datos por Tipología de Uso

En Panamá, las grandes superficies de madera aprovechada provienen de plantaciones comerciales, que no se incluyen en los reportes de degradación por LUA app ni en los datos de bosque natural del Ministerio.

El aprovechamiento de bosques naturales, según los reportes ministeriales, se da mayoritariamente a nivel de árboles individuales, lo cual no representa una dinámica de tala rasa.

3.6.3.8. Conclusión

No existe doble contabilidad de emisiones debido a las claras diferencias en escala, propósito y metodología de los datos colectados por LUA y los reportes ministeriales. Ambos sistemas son complementarios, ya que:

- LUA app evalúa dinámicas de degradación por perturbaciones a gran escala, enfocándose en impactos ambientales amplios.
- El Ministerio de Ambiente documenta extracciones legales y selectivas a nivel de árbol, contribuyendo a la gestión sostenible de los recursos forestales.

Estas diferencias aseguran que las emisiones asociadas a la degradación forestal y al aprovechamiento legal sean contabilizadas de manera independiente y sin traslapes.

3.7. Recopilación y Procesamiento de Datos

3.7.1. Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá (INFC)

El nuevo nivel de referencia sigue basando sus estimaciones fundamentalmente en el Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá (INFC).

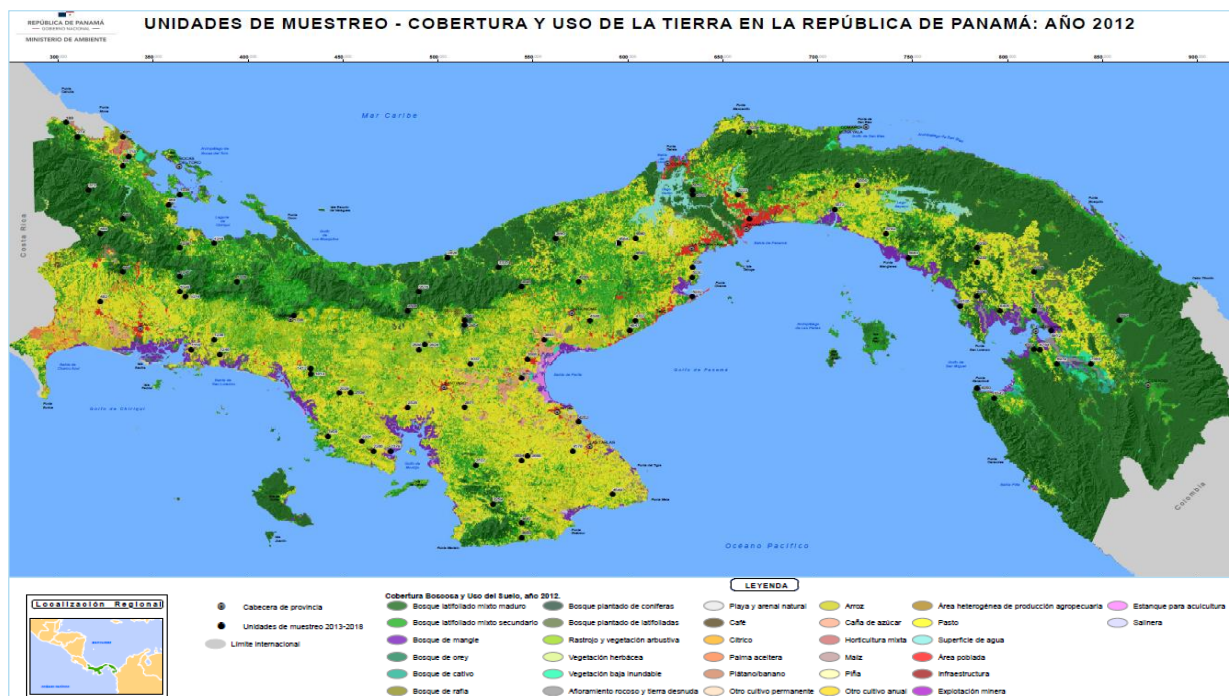
En el 2012, se inició el Inventario Nacional Forestal y de Carbono en Panamá, que fue diseñado como un inventario forestal multipropósito; considerando que pudiera servir para conocer y reportar, nacional e internacionalmente, el estado de los bosques del país. A la fecha, el INFC cuenta con el levantamiento de 87²³ Unidades de Muestreo, con cuatro subparcelas dispuestas en forma de cruz y con un área total de 2 hectáreas.

El diseño y distribución de las Unidades de Muestreo considera cinco estratos y la ubicación del centro de cada Unidad de Muestreo se realizó mediante el uso de una grilla densa de puntos. Las Unidades de Muestreo cubren todos los ecosistemas del país, excepto la zona insular. Las mediciones y observaciones del INF consideran los siguientes aspectos: medición

²³ La base de datos registra 90 UM, sin embargo, 3 de ellas no pudieron ser mediadas por diferentes circunstancias.

de árboles, análisis de suelo mediante calicatas, medición de madera muerta, tocones, lianas, regeneración, uso/cobertura de la tierra, entre otros, ver Figura 2.

Figura 2. Distribución de las UM para el INFC



Fuente: Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá (MiAMBIENTE 2015)

3.7.1.1. Diseño de muestreo

Determinación del diseño del muestreo

El diseño tiene dos fases, primero una fase piloto en el que se utilizó un muestreo sistemático estratificado por áreas de bosque y fuera de bosque. Los datos de la primera medición se utilizaron como pre-muestreo para definir el diseño de la fase final. Se decidió continuar con el diseño sistemático estratificado, ampliando el número de estratos a cinco. La cantidad de UM para los cinco estratos generados se observa en la Tabla 11.

Tabla 11. Unidades de muestreo del primer ciclo del INFC

No.	Estrato	CUT	UM incluidas
1	Bosque	001) Bosque natural latifoliado mixto maduro (BLM)	274, 468, 659, 1706, 2506, 2576, 3259, 3598, 3647, 5012, 5013, 5259, 6230, 6233, 6250, 6465, 6709, 6979, 7383 y 7691
		002) Bosque natural latifoliado mixto secundario (BLS)	637, 718, 1034, 1039, 1045, 1048, 1074, 1218, 1336, 2201, 2286, 2826, 3037, 3650, 3995, 4236, 4647, 4694, 6105, 6240, 6342, 6717, 6724 y 6784
		009) Plantación coníferas (PCO)	2954 y 5326
		039) Bosque de Rafia	631

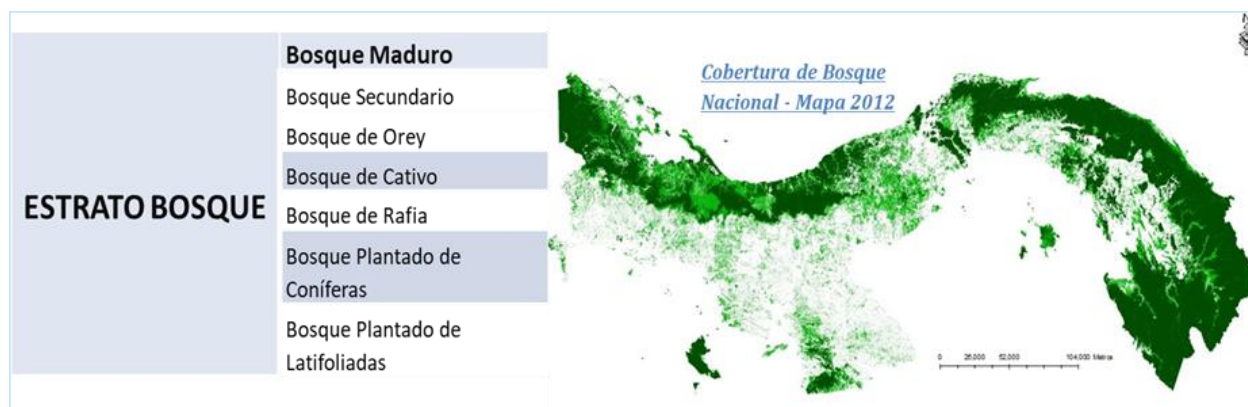
No.	Estrato	CUT	UM incluidas
2	Manglar	003) Bosque natural de manglar maduro (BMM)	1118, 2379, 4252, 5028, 5032 y 6912
3	Uso agropecuario	023) Cultivo Permanente - Otro (CPO)	188, 2971 y 3617
		024) Cultivos Anuales (CAN)	1246, 1412, 2526, 3883 y 5656
		025) Pastos (PAS)	482, 2029, 2109, 3634, 3668, 3688, 4178, 4549, 4584, 4690, 5030, 5223, 5782 y 6405
4	Rastrojo	011) Rastrojos y arbustos (RAR)	968, 1238, 1813, 2588, 2628, 3107, 3325, 4346 y 5883
5	Otros usos	012) Formaciones herbáceas naturales (HEN)	2953
		027) Ríos (RIO)	5573
		030) Área poblada urbana (APU)	4707 y 5277
		031) Área poblada rural (APR)	1958
		034) Estanques de acuicultura (EAC)	3956

Fuente: MiAMBIENTE 2020.

Estratificación

Para la estratificación de INFC se utilizó el mapa de cobertura y uso de la tierra del 2012 (Figura 3). Esta malla inicial del INFC²⁴ se compone de 8327 puntos que están distribuidos de forma sistemática usando un distanciamiento de 3000 metros. Para determinar los diferentes estratos, se filtraron todas las UM en las categorías correspondientes del mapa de cobertura y uso de la tierra 2012 (siguiendo lo propuesto por Jiménez, 2016; Rodríguez y Corro, 2021), (Fuente: MiAMBIENTE 2020).

Figura 3. Estrato de bosque, agrupando las unidades de muestreo en las categorías de bosques del mapa de cobertura y uso de la tierra 2012

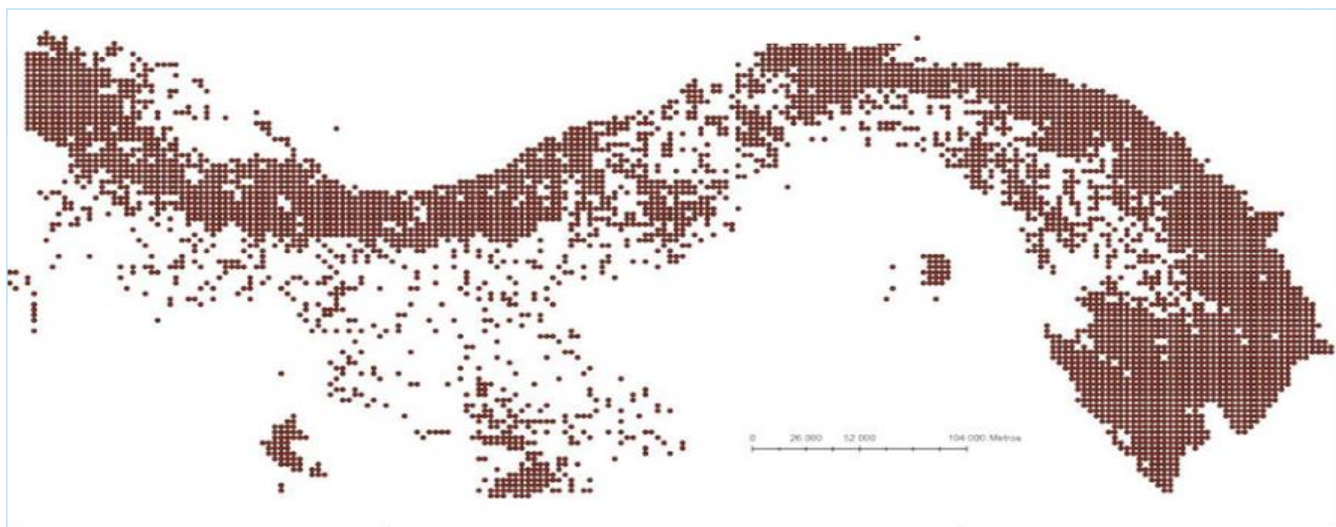


Fuente: MiAMBIENTE 2020.

Posteriormente, el número total de UM potenciales a ser medidas en el estrato bosque a nivel nacional fue dividido entre el número de muestras a seleccionar, para obtener 22 bloques en el estrato bosque, cada uno con 219 puntos representativos de las UM. En cada bloque se seleccionaron de forma aleatoria las UM finales, lo que permitió una distribución homogénea en todo el territorio nacional, como se muestra en la Figura 4 y Figura 5.

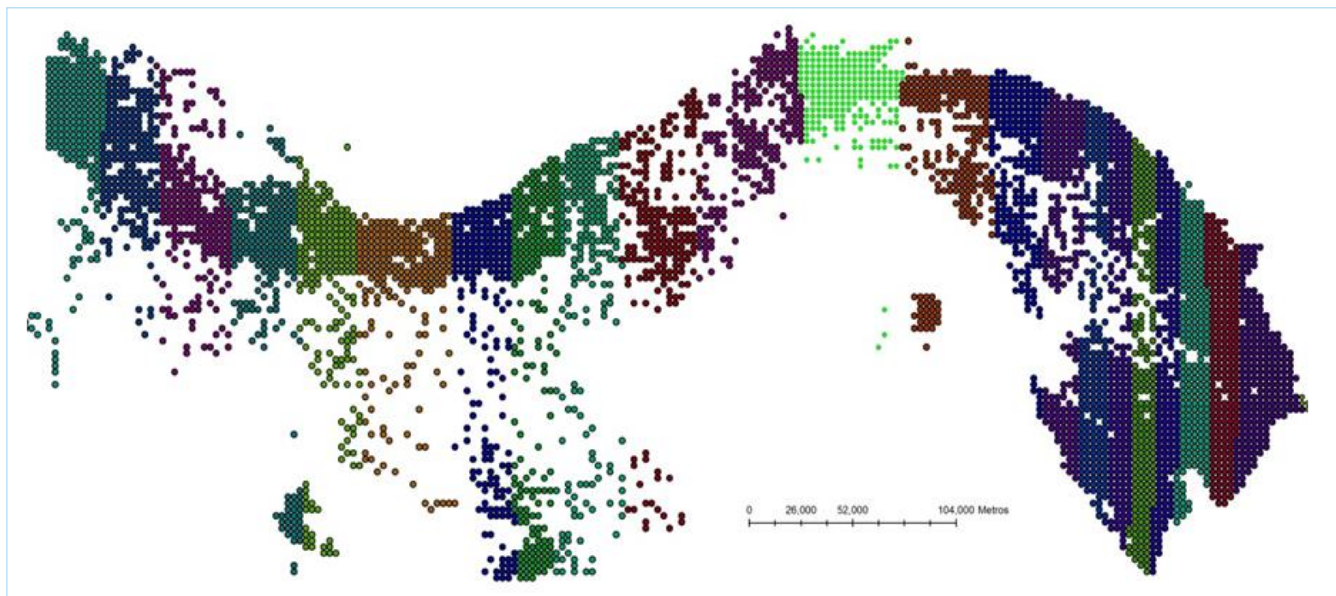
²⁴ Anexo 12

Figura 4. Red de unidades de muestreo filtradas



Fuente: MiAMBIENTE 2020.

Figura 5. Bloques para la selección de muestras para el estrato bosque



Fuente: MiAMBIENTE 2020.

Para el sorteo de las UM se utilizó un procedimiento automático mediante la herramienta vectorial de investigación y selección aleatoria proporcionada por el software libre QGIS. Una vez concluido el procedimiento para el estrato bosque, la metodología fue replicada para la estratificación y selección de las muestras se utilizó para los estratos restantes: rastrojo, uso agropecuario, manglar y otros usos.

Nota aclaratoria: a) La estratificación mencionada en el documento es una estratificación con fines de planificación estadística. Por lo tanto, a pesar de que el criterio de estratificación se

basó en el mapa de 2012 que reportó dos categorías, "Bosque" y "No Bosque". En la categoría "Bosque", se pueden encontrar subcategorías como tierras agrícolas, asentamientos, pastizales, etc. Cuando una parcela para muestrear bosque dentro del estrato "Bosque" no correspondía a Bosque, se seleccionó otro punto de muestreo. b) El INFC solo ha realizado un ciclo de muestreo en 87 parcelas, por lo que no es posible establecer cuál es el tratamiento cuando una parcela ha cambiado de uso.

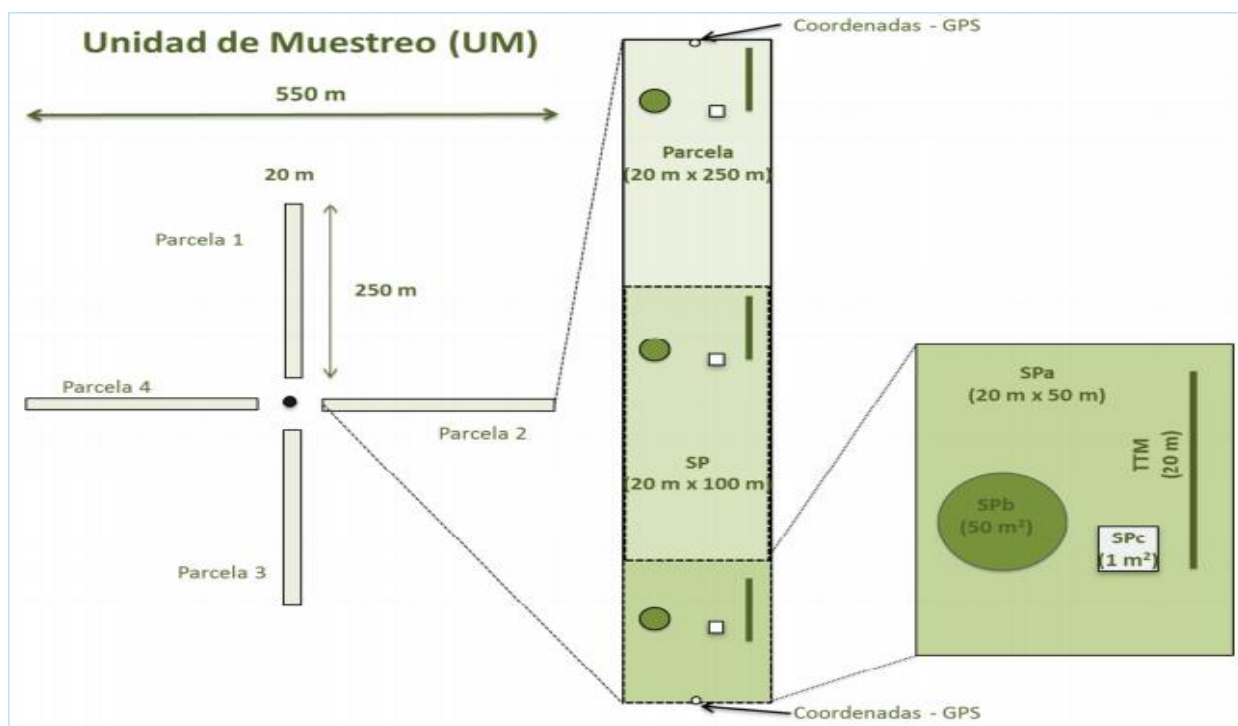
Actualmente el INFC está ampliando el muestreo, pero aún no se contempla dentro de los planes la remediación.

Mediciones en la unidad de muestreo

La unidad de muestreo (UM) fue conformada por un conglomerado de 4 parcelas permanentes de 20 x 250 m en forma de cruz a 25 m equidistantes del punto central (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Cada parcela fue subdividida en segmentos para medir árboles de distintas clases diamétricas; además cada parcela tenía tres subparcelas para medir regeneración, tres subparcelas muy pequeñas para medir hojarasca, y tres transectos para medir madera muerta caída.

En todas las UM se tomaron mediciones de árboles, hojarasca, madera muerta y suelos, y se hicieron observaciones sobre el uso de la tierra, el estado de degradación de los bosques y diversas variables ambientales, así como de información socioeconómica²⁵.

Figura 6. Detalle del diseño de la UM, parcela y subparcelas anidadas utilizadas en el INFC



Fuente: Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá (MiAMBIENTE 2015)

25 Más información en el [Anexo 6](#).

Nota aclaratoria: Hay un error de muestreo del 20% de error y con las parcelas que se distribuyeron se cumplió con esa condicionante. Las parcelas que se han recolectado y dadas las condiciones, es representativa de la cobertura forestal. La zona del Tapón del Darién quedó fuera del muestreo por su inaccesibilidad y peligrosidad., La cantidad de parcelas que cayeron en este sitio, se distribuyeron nuevamente en otras zonas con similar cobertura forestal. Asimismo, existe un protocolo de muestreo, donde se presentan situaciones de inseguridad, oposición de los pueblos indígenas y dificultades de acceso que ponen en riesgo la vida del equipo de muestreo, por lo que no se realizan mediciones en dichas unidades de muestreo.

3.7.1.2. Reservorios de carbono considerados en el INFC

A partir de la información levantada en el campo, se estimaron cuatro reservorios de carbono definidos por el IPCC, los cuales consisten en:

- **Biomasa aérea:** toda biomasa sobre el suelo que se encuentra presente en los tallos, lianas, ramas, corteza, semillas y follaje. Este reservorio se estimó con modelos alométricos de biomasa a partir de las mediciones de campo.
- **Biomasa subterránea:** toda biomasa de raíces vivas mayores de 2 mm de diámetro. Este reservorio se estimó con modelos alométricos que relacionan la biomasa aérea con la biomasa subterránea.
- **Madera muerta:** toda la necromasa contenida en árboles en pie o caídos y tocones. La madera muerta en pie con diámetro igual o mayor de 10 cm, así como los tocones, se estimaron con ecuaciones alométricas. La madera muerta caída con diámetro igual o mayor a 5 cm se estima a partir de mediciones de transectos. En ambos casos se registró el estado de descomposición de la madera para la estimación del contenido de carbono.
- **Hojarasca:** comprende toda la necromasa en hojas, flores, frutos y ramas menores de 2 mm de diámetro, en varios estados de descomposición, y que yace sobre el suelo mineral u orgánico. Se pesó la hojarasca húmeda en el campo, y se llevó una muestra al laboratorio para determinar el grado de humedad y contenido de carbono.
- **Carbono Orgánico del suelo:** El carbono orgánico del suelo se incluyó en este análisis utilizando el Mapa Global de Carbono Orgánico del Suelo de la FAO, el cual proporciona estimaciones a nivel global sobre el contenido de carbono en los primeros 30 cm del suelo. El mapa está disponible en el siguiente enlace: <https://data.apps.fao.org/glois/?share=f-6756da2a-5c1d-4ac9-9b94-297d1f105e83&lang=en>.

La coordinación del INFC fue compartida entre MIAMBIENTE y FAO durante la fase piloto, y por MiAMBIENTE y PNUD durante la fase final. La información botánica, útil para la asignación de las ecuaciones alométricas a partir de los datos estructurales tomados en campo, fue gestionada en el marco de un acuerdo con el Herbario de la Universidad de Panamá.

3.7.1.3. Procesamiento de datos del inventario nacional forestal y de carbono de Panamá, resultados del levantamiento de información 2013-2018 (INCF)

En esta sección se presentan los principales procedimientos de cálculos y estimaciones estadísticas, así como las ecuaciones alométricas para el cálculo de volumen, biomasa y carbono.

Métodos de Estimación para Factores de Emisión

Volumen total del árbol

Para la estimación del volumen total de cada uno de los árboles inventariados, se utilizó la siguiente fórmula, con factores de forma según la calidad del fuste del árbol en pie, establecidos por el Ministerio de Ambiente:

$$vtot = g \times h \times f \text{ (ecuación 1)}$$

Donde:

vtot = volumen total del fuste del árbol (m³)

g = área basal del árbol (m²)

h = altura total del árbol (m)

f = factor de forma según la calidad del fuste; los valores son los siguientes:

- Fuste calidad A: f = 0.68
- Fuste calidad B: f = 0.50
- Fuste calidad C: f = 0.40

Volumen comercial del árbol

Para la estimación del volumen comercial se utilizó la siguiente fórmula, con factores de forma según la calidad del fuste del árbol en pie, establecidos por el Ministerio de AMBIENTE en la resolución AG-0168-2007 de fecha 2 de abril del año 2007:

$$vcom = g \times h_c \times f \text{ (ecuación 2)}$$

Donde:

vcom = volumen comercial del árbol (m³)

g = área basal del árbol (m²)

h_c = altura comercial (tronco o fuste) del árbol (m)

f = factor de forma de acuerdo con la calidad del fuste; los valores son los siguientes:

- Fuste calidad A: f = 0.70
- Fuste calidad B: f = 0.60
- Fuste calidad C: f = 0.45

Nota aclaratoria: El INFC fue desarrollado bajo un enfoque multipropósito; es decir, generar información para el seguimiento e implementación de políticas de gestión forestal, acción

climática y biodiversidad, entre otros fines. La fórmula 2 que se incluyó en el FREL es para información general y transparente de cómo se calculó todo el inventario. Los volúmenes totales y comerciales se estiman con las ecuaciones indicadas para volumen total y comercial, mientras que la biomasa aérea se estimó con base en los modelos alométricos mejorados para estimar la biomasa aérea de árboles tropicales desarrollados por Chave et al. (2014). Para el caso de Panamá se aplicó el siguiente modelo: $ba = 0,0673 \cdot (\rho \cdot dap^2 \cdot h)^{0,976}$.

Biomasa aérea

Árboles

Para estimar la biomasa aérea de los árboles se utilizó la siguiente ecuación alométrica general de biomasa aérea desarrollado por Chave et al. (2014)²⁶:

$$ba = 0.0673 \times (\rho \times dap^2 \times h)^{0.976} \text{ (ecuación 3)}$$

Donde:

ba = biomasa aérea, peso seco (kg)

dap = diámetro a la altura del pecho (cm)

h = altura total del árbol (m)

ρ = densidad de la madera (g/cm³)

La ecuación de Chave et al. (2014) incluyó datos de bosques maduros y bosques secundarios, excluyendo sistemas agroforestales y plantaciones, de 53 sitios con vegetación no perturbada y 5 sitios forestales secundarios que abarcan una amplia gama de tipos de vegetación, para un total de 4004 árboles con un diámetro de tronco de 5 a 212 cm. Incluyó bases de datos de Colombia y Costa Rica, las cuales tienen condiciones similares a las de Panamá. Según este estudio, la gravedad específica de la madera fue un importante predictor de la biomasa aérea, especialmente cuando se incluye una gama mucho más amplia de tipos de vegetación. Por lo tanto, para utilizar esta ecuación alométrica se requiere el valor de la densidad de la madera.

Para establecer la densidad de cada especie se utilizó la base de datos de DRYAD²⁷ como referencia. De esta base de datos se utilizaron solamente las especies de Centroamérica, México y la zona tropical de América del Sur. Si la especie no tenía una referencia de densidad, se utilizó el promedio del género; si no existían datos de género se usó el promedio de la familia; si no era posible obtener ninguna de las anteriores, se utilizó el promedio de todas las especies correspondiente a 0.6277 g/cm³.

Para usar una ecuación alométrica para calcular la biomasa aérea, se requiere el valor de la densidad de la madera. Para establecer la densidad de cada especie se utilizaron datos de la base de datos DRYAD. De esta base de datos global solo se utilizaron los datos de las especies de América Central, México y la zona tropical de América del Sur. Si la especie (según nombre científico) no tiene referencia de densidad media, se utiliza la media del género; si no hay datos de género, se utiliza el promedio familiar; Si no es posible obtener ninguna de las anteriores, se utiliza el promedio de todas las especies de las tres regiones

26 Chave et al. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology* (2014) 20, 3177–3190

27 <https://datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.234>

mencionadas, correspondiente a 0,6277 g/cm³. A cada árbol del INFC se le asocia una densidad de madera según su especie y combinado con el DAP y la altura se estima su biomasa. En la misma página del sitio hay un artículo sobre el trabajo para desarrollar la base de datos.

Palmas y helechos arbóreos

Para las especies de palmas se utilizó la ecuación alométrica de Goodman et al. (2013)²⁸:

$$ba = 0.55512^4 \times 0.37 \times dap^2 \times hf \text{ (ecuación 4)}$$

Donde:

ba = biomasa aérea (kg)

dap = diámetro a la altura del pecho (cm)

hf = altura del fuste de la palma (m)

0.37 = densidad de la madera (g/cm³)

Para los helechos arbóreos se utilizó la ecuación alométrica de Tiepolo et al. (2002)²⁹:

$$ba = \frac{-4266348}{(1-2792284 \cdot e^{(-0.313677 \cdot h)})} \text{ (ecuación 5)}$$

Donde:

h = altura total del helecho (m)

Lianas

Para las lianas se utilizó el modelo de biomasa de S. Schnitzer et al. (2006)³⁰:

$$ba = e^{[-1.484+2.657 \cdot \ln(dap)]} \text{ (ecuación 6)}$$

Donde:

ba = biomasa aérea, peso seco (kg)

dap = diámetro a la altura del pecho (cm)

28 Goodman et al., 2013. Amazon palm biomass and allometry. Forest ecology and management, 310: 994-1004

29 Tiepolo, G., Calmon, M. & Feretti, A.R. 2002. Measuring and Monitoring Carbon Stocks at the Guaraqueçaba Climate Action Project, Paraná, Brazil. In: International Symposium on Forest Carbon Sequestration and Monitoring. Extension Serie Taiwan Forestry Research Institute 153:98-115

30 Schnitzer et al. (2006). Censusing and measuring lianas: A quantitative comparison of the common methods. Biotropica 38(5), p 581-591.

Biomasa subterránea

La biomasa subterránea no se estimó utilizando como variable independiente la estimación de la biomasa aérea y el modelo de Cairns et al. (1997)³¹ para bosques tropicales.

$$bs = e^{[-1.0587+0.8836 \cdot \ln(ba)]} \quad \text{(ecuación 7)}$$

Donde:

bs = biomasa subterránea, peso seco (t/ha)

ba = biomasa aérea, peso seco (t/ha)

Estimación del carbono en la biomasa

Para la estimación del carbono en la biomasa (tanto aérea como subterránea) se utilizó la fracción de carbono por especies según Martin & Thomas (2011)³², y en caso de no disponer del valor de una especie, se utilizó el valor por defecto de 47%, tal como recomienda la guía de buenas prácticas de IPCC (2006).

Carbono en madera muerta - tocones

Los tocones se midieron en subparcelas de 20 x 50 m (1000 m²), en total 4 subparcelas por UM.

Primero, se calculó el volumen de cada tocón utilizando la fórmula de Smalian:

$$vtoc = \frac{[(d_1/100)^2 + (d_2/100)^2]}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot h \quad \text{(ecuación 8)}$$

Donde:

vtoc = volumen del tocón (m³)

d₁ y d₂ = diámetro menor y mayor del tocón (cm)

h = altura del tocón (m)

A cada uno de los tocones inventariados se asignó un valor de densidad de madera y una fracción de carbono en función del estado de descomposición que se determina en campo, según indica la siguiente Tabla 12.

Tabla 12. Valores de densidad y fracción de carbono para los tocones en función de su descomposición

Categoría de descomposición	Densidad g/cm³	Fracción de carbono (%)
01]-Sin descomposición	0.63 (promedio especies)	47

31 Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H. & Baumgardner, G.A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111(1): 1-11

32 Martin A.R., Thomas S.C. (2011) A Reassessment of Carbon Content in Tropical Trees. *PLoS ONE* 6(8): e23533. doi: 10.1371/journal.pone.0023533

Categoría de descomposición	Densidad g/cm ³	Fracción de carbono (%)
[02]-Intermedio	0.50	40
[03]-Descompuesto	0.30	30
[04]-No sabe/No aplica	0.63	40

Fuente: MiAMBIENTE 2015.

Para la estimación de la biomasa del tocón se multiplica el volumen del tocón por la densidad, según el estado de descomposición. Para la estimación del carbono del tocón, se multiplica la biomasa por la fracción de carbono.

Carbono en madera muerta caída

Para estimar el volumen por hectárea que representa cada transecto, se utilizó la siguiente fórmula (Wagner, 1964)³³:

$$vmmc = \frac{\pi^2 \cdot \sum_1^n d^2}{8 \cdot l} \quad \text{(ecuación 9)}$$

Donde:

vmmc = volumen de la madera muerta caída (m³/ha)

l = largo del transecto (m)

d = diámetro de la pieza (cm)

Para la madera muerta caída también se establecieron los valores de densidad de madera y fracción de carbono, tomando como base la categoría de descomposición de cada pieza medida. En la Tabla 13 se muestran los valores por categoría:

Tabla 13. Valores de densidad y fracción de carbono para madera muerta caída en función de su descomposición

Categoría de descomposición	Densidad g/cm ³	Fracción de carbono (%)
01]-Sin descomposición	0.63 (promedio especies)	47
[02]-Intermedio	0.50	40
[03]-Descompuesto	0.30	30
[04]-No sabe/No aplica	0.63	40

Fuente: MiAMBIENTE 2015.

Para la estimación del carbono en la madera muerta se multiplicó el volumen del transecto por la densidad y fracción de carbono, según el estado de descomposición. Para el análisis

33 van Wagner, C.E. 1968. The line-intersect method in forest fuel sampling. For. Sci. 14: 20-26.

de los datos del INFC, todos los transectos de la UM fueron tratados en su conjunto, estableciendo el volumen por hectárea de la madera muerta caída para toda la UM y asignando la clase de uso de la tierra del punto central.

Carbono en hojarasca

La hojarasca se midió en varias subparcelas de 1 m² en la UM. En estas subparcelas se midió el peso húmedo de la hojarasca y se asignó una categoría de humedad. Además, en el punto central de la UM se estableció una subparcela de 1 m² para tomar una muestra de hojarasca que se llevó al laboratorio para determinar el contenido de carbono.

Para estimar el carbono en la hojarasca de una subparcela, se utilizó la siguiente fórmula:

$$c_{hr} = ph \cdot \left(1 - \frac{ch}{100}\right) \cdot c\% \quad \text{(ecuación 10)}$$

Donde:

c_{hr} = carbono en hojarasca en una subparcela (g/m²)

ph = peso húmedo (gramos)

ch = contenido de humedad (%)

$c\%$ = porcentaje de carbono obtenido del análisis de laboratorio utilizando la muestra de hojarasca de la subparcela del punto central.

En el campo se clasificó la hojarasca de cada parcela en categorías por contenido de humedad según la siguiente Tabla 14.

Tabla 14. *Contenidos de humedad*

Categoría de humedad	Contenido de humedad (%)
[01]- Seca	15
[02]- Mayormente seca	20
[03]- Media	50
[04]- Húmeda	70
[05]- Muy húmeda	85
[06]- No sabe	50

Fuente: MiAMBIENTE 2015.

Para la estimación del carbono en hojarasca para el INFC, se realizó una estimación utilizando solamente la parcela del punto central de la UM, aplicando la siguiente fórmula:

$$chr = ps \cdot c\%$$

Donde:

chr = carbono en hojarasca en una parcela (g/m²)

ps = peso seco (gramos)

c% = porcentaje de carbono obtenido del análisis de laboratorio

Para convertir el valor de carbono de cada parcela en g/m² a un valor en t/ha, se dividió entre 100.

Es recomendable utilizar todas las subparcelas de hojarasca para el análisis, aplicando el porcentaje de carbono obtenido del análisis de laboratorio de la subparcela central. En este caso es necesario aplicar un factor de ajuste para que cada observación de una subparcela corresponda a un valor por hectárea.

Se levantaron 12 parcelas por UM, con una superficie total de 12 m² y el factor de ajuste que habría que aplicar corresponde a 833.33 (10000 m² / 12 m²). Si el peso de la hojarasca es medido en gramos, el factor de ajuste para llevar la estimación a t/ha será de 0.00083333. Para expresar el contenido de carbono de los cinco reservorios de carbono en términos de CO₂ equivalente, se multiplicó el contenido de carbono por la constante 3.67.

Estimación del error de muestreo

Para la estimación del error de muestreo de la variable Y, se utilizó la siguiente fórmula:

$$e_y = \sqrt{\frac{s_y^2}{n}} \cdot \sqrt{1 - \frac{n}{N}} \quad \text{(ecuación 11)}$$

Donde:

e = estimación del error de muestreo de la variable Y

s = desviación estándar de la variable Y

n = número de unidades de muestreo

N = número de UM de la población

En un inventario forestal nacional, N es mucho mayor que n, y la fórmula se simplifica a:

$$e_y = \sqrt{\frac{s_y^2}{n}} \quad \text{(ecuación 12)}$$

Los cálculos se realizaron automáticamente utilizando el Sistema de Inventario de Bosques Públicos (SIBP V3.0). El sistema fue elaborado en Visual Basic NET, que es un lenguaje de programación que permite el manejo de bases de datos relacionales. Este permite la captura, procesamiento y generación de reportes a partir de los datos que se levantan en cada una de las parcelas permanentes, a través de diferentes mediciones en el tiempo.

Entre la información que se maneja están los datos generales de la parcela tales como: área, ubicación, estrato en el mapa, estrato en terreno, operatividad, acceso, etc., además, se maneja la información de cada uno de los árboles tales como número, altura total, DAP, altura

comercial, etc.; según los diferentes estratos identificados en el mapeo (más detalles en Manual de Usuario Ayuda SIBP)³⁴.

Aplicación de factores de expansión

Para realizar estimaciones poblacionales totales o por estrato a partir de estimaciones de árboles y subparcelas individuales, es necesario aplicar a cada árbol y subparcela un factor de expansión (fe) de tal manera que se transforma el valor del árbol/subparcela a un valor por hectárea.

Considerando que, en primera medición el tamaño de la unidad de muestreo es de dos hectáreas, los factores de ajuste utilizados fueron los siguientes (Tabla 15).

Tabla 15. Factores de ajuste

Objeto	Medido en la UM	Factor de expansión aplicado (fe)
árboles con DAP > 50 cm	4 parcelas de 20 x 250 m = 2 ha	0.5
árboles con DAP 20 - 50 cm	4 parcelas de 20 x 150 m = 1.2 ha	0.833333
árboles con DAP 10 - 20 cm	4 parcelas de 20 x 50 m = 0.4 ha	2.5
árboles con DAP < 10 cm	4 parcelas de 50 m ² = 0.02 ha	50
tocones	4 parcelas de 20 x 50 m = 0.4 ha	2.5
hojarasca	12 parcelas de 1 x 1 m = 0.0012 ha	833.333

Fuente: MiAMBIENTE 2015.

Control de calidad del inventario nacional forestal y de carbono de panamá (INFC)

El documento Lineamientos de Control de Calidad contiene información detallada sobre los lineamientos metodológicos para realizar el control de calidad del INFC de Panamá. El documento se constituye en un instrumento de consulta para los equipos que realizaron el levantamiento de los datos en campo en el contexto del control de calidad, así como para las personas que realizaron el análisis de los datos y la preparación de informes.

El protocolo de Control de Calidad indica que un 20% de las UM deben ser objeto de control de calidad y se deben mantener en total discreción, y solamente ser conocidas por el personal de la coordinación del INFC, de tal forma que se ponga el mismo nivel de confiabilidad y calidad de todas la UM que levanten las cuadrillas de campo y evita poner mucha más atención a las mediciones de las UM asignadas, lo que resultaría en un sesgo en los resultados del control de calidad. Sin embargo, el control de calidad se realizó para todas las parcelas levantadas (87 parcelas) por una segunda cuadrilla independiente, ya que lo propuesto en el protocolo representaba un alto costo. Se decidió entonces que dos técnicos de la cuadrilla

³⁴ Este documento se encuentra en la carpeta 6. Referencias Bibliográficas, Ayuda SIBP2

que no estuvieran involucrados en la medición realizarían la remediación, una vez terminado el proceso.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan las estimaciones de los cuatro reservorios de carbono para las categorías de cobertura y uso de la tierra. Para el INFC se han establecido 9 categorías o clases de CUT.

Tabla 16. Reservorios de carbono estimados para el INFC. Datos de contenido de carbono promedio con un intervalo de confianza de 95%

Categoría de cobertura y uso de tierra	Biomasa Aérea (t.d.m/Ha)	Madera muerta (t.d.m/Ha)	Hojarasca (t.d.m/Ha)	Total (t.d.m/Ha)
Bosque Maduro	160.55	18.49	2.41	181.45
Bosque Secundario	94.17	12.74	2.44	109.35
Rastrojo	28.72	11.99	1.6	42.31
Manglar	75.67	10.86	0.02	86.55
Plantación de coníferas	162.61	6.13	0	168.74
Pastos	12.72	1.45	0.3	14.47
Cultivos anuales	9.59	7.55	1.17	18.31
Cultivos Permanentes	48.96	4.05	1	54.01

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Nota aclaratoria: Estos valores provienen del Inventario Nacional Forestal de Panamá con motivo de fortalecer la transparencia de la información, sin embargo, no quiere decir que son los valores utilizados en los cálculos de las estimaciones para el nivel de referencia forestal como factores de emisión. Los datos de factores de emisión usados se encuentran en la hoja de cálculo (Excel) en la pestaña que dice: "VALORES E_R". Para la Biomasa de las plantaciones latifoliadas se tomó un valor proveniente de un estudio local, ya que representa mejor el valor en campo de una plantación adulta. En los anexos se adjunta el análisis. Ver en carpeta de Anexos, documento denominado "[Anexo 6. Análisis Técnico del Cálculo de Biomasa Seca Total de Teca v3](#)".

3.8. Datos de actividad para usos y cambios de uso de la tierra

El proceso general para el levantamiento de la información necesaria para los datos de actividad geoespaciales se puede observar en la (Figura 8). Este nuevo nivel de referencia forestal contiene principalmente cambios en la metodología de compilación de datos de actividad geoespacial. Dentro de los ajustes más relevantes encontramos:

- **Nuevo diseño de muestreo:** Se reemplazó el muestreo aleatorio estratificado por un diseño de muestreo aleatorio sistemático.
- **Aumento de parcelas de muestreo:** Incremento significativo en la cantidad de parcelas muestreadas para obtener resultados más representativos.
- **Recolección de datos optimizada:** Implementación de una nueva encuesta en LuAPP en lugar de Collect Earth Online. Este cambio elimina la necesidad de clasificar los datos año a año y punto por punto, facilitando el proceso de muestreo estadístico y reduciendo el

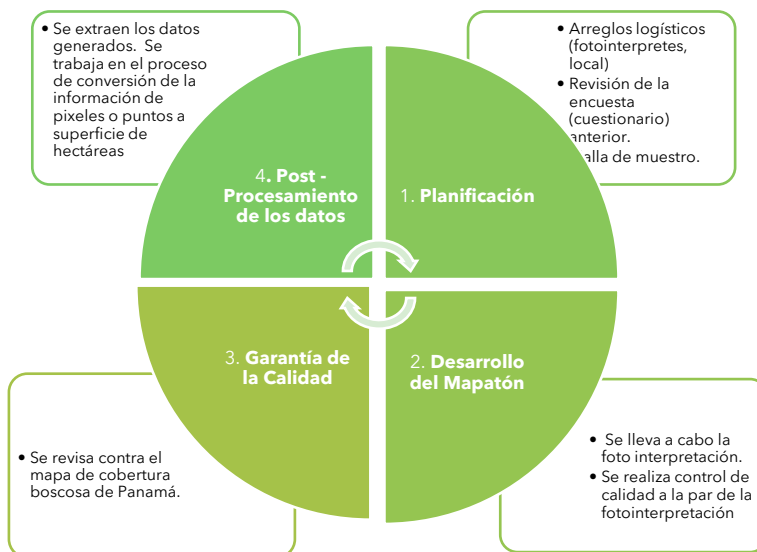
tiempo requerido. Como resultado, es posible analizar un mayor número de muestras (parcelas).

- **Modificación de directrices de clasificación:** Ahora se asigna un solo uso de la tierra a toda la parcela mediante un sistema jerárquico, manteniendo el mismo tamaño de parcela, pero con un uso asignado por año y por parcela.

3.8.1. Diseño de muestreo de los datos de actividad

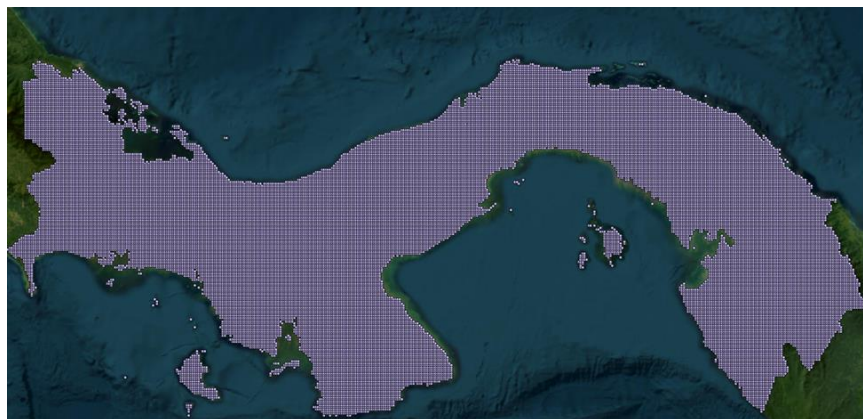
En ArcGIS, se estructura una malla de parcelas que abarca el área completa de interés, asignando coordenadas geográficas (latitud y longitud) y un identificador único a cada parcela. Esta configuración de la grilla permite una cobertura sistemática y homogénea, capturando las variaciones de uso y cobertura del suelo en cada parcela. Esta malla sistemática cuenta con un total de 33,485 parcelas con una separación de 1.5 Km x 1.5 Km. Es importante destacar que tanto el total de tierra firme y las islas fueron muestreada con esta grilla (Figura 7 y Figura 8).

Figura 7. Pasos para el levantamiento de los datos de actividad geo espaciales del nuevo NRF de Panamá



Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Figura 8. Vista de la malla sistemática de 1.5 x 1.5 km a nivel nacional



Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Para generar esta malla, se utiliza el límite oficial de Panamá, suministrado por la Dirección de Información Ambiental (DIAM), que es la responsable de manejar los datos cartográficos dentro del Ministerio de ambiente. Estos límites pueden diferir en algunas hectáreas debido a que anualmente el Instituto Geográfico Tommy Guardia actualiza la superficie de Panamá.

La elección de una malla sistemática de 33,485 parcelas se basó en varias ventajas clave que ofrece este enfoque. En primer lugar, la estructura sistemática permite una cobertura homogénea y representativa del área de estudio, asegurando que se capture una amplia gama de variaciones en el uso y cobertura del suelo de manera eficiente. La resolución de 1.5 km x 1.5 km facilita un análisis detallado sin caer en la complejidad excesiva de una malla más densa, lo que optimiza el uso de recursos. Además, el diseño sistemático reduce el sesgo, garantizando que cada parcela tenga la misma probabilidad de ser seleccionada. Los criterios de selección de la cantidad de parcelas se fundamentaron en la disponibilidad de recursos humanos y financieros, priorizando un balance entre la cantidad de datos necesarios para obtener resultados representativos y las capacidades del equipo de trabajo disponible, así como el presupuesto asignado al proyecto. Este enfoque permite una cobertura adecuada sin comprometer la viabilidad operativa.

3.8.2. Colecta de datos - MAPATÓN

El proceso de recopilación de datos continúa denominándose "MAPATÓN", un evento de mapeo colaborativo y coordinado en el que se invita a los participantes a realizar una recopilación intensiva y colectiva de datos a nivel nacional, utilizando la interpretación visual avanzada de imágenes satelitales.

Para este nuevo NRF, hemos diseñado un MAPATÓN que se llevó a cabo durante aproximadamente un mes, en el cual se trabajó de manera intensiva para foto interpretar un total de 33,485 parcelas a nivel nacional.

3.8.2.1. Herramienta Utilizada

En lugar de utilizar directamente la herramienta de **Collect Earth Online**, se adoptó la nueva herramienta de la **Coalición de Países con Bosques Tropicales** llamada **LuA app (Land use Assessment App)** (<https://lua.rainforestcoalition.org/home>). Aunque LuAPP está basada en Collect Earth, presenta una serie de mejoras y variantes, especialmente en el proceso de fotointerpretación, lo que la hace más eficiente para el análisis y clasificación de los datos.

La metodología de colecta de datos en la aplicación LUA se inicia con la creación sistemática de una malla de parcelas en ArcGIS, diseñada para cubrir el área de interés nacional o subnacional de manera representativa. Este paso implica una evaluación detallada de los recursos financieros y técnicos disponibles para determinar una densidad óptima de parcelas. La cantidad de parcelas se ajusta para balancear la precisión de los datos y la viabilidad operativa, maximizando la representatividad y minimizando el margen de error en el análisis de dinámicas de cambio de uso de suelo y cobertura forestal.

Exportación y Preparación del CSV para LUA App

La grilla de parcelas creada en ArcGIS se exporta en un archivo CSV que contiene las coordenadas (latitud y longitud) y el identificador único de cada parcela (Figura 9). Este archivo CSV se carga en la aplicación LUA, asegurando la correcta georreferenciación de cada parcela dentro de la aplicación. Este proceso permite una visualización organizada de las parcelas, facilitando la asignación de datos satelitales y la ejecución de los análisis de uso y cambio de cobertura en cada punto.

Figura 9. Vista de algunas coordenadas de las parcelas por foto interpretar

	A	B	C	D	E
1	ID	LON	LAT		
2	1	-81.8040557	7.20958186		
3	2	-80.8801768	7.21027332		
4	3	-80.8394163	7.21026081		
5	4	-80.798656	7.21024468		
6	5	-80.7171356	7.2102015		
7	6	-80.7035489	7.21019289		
8	7	-80.8801732	7.22384211		
9	8	-80.866586	7.22383834		
10	9	-80.8529987	7.22383416		
11	10	-80.8394115	7.22382958		
12	11	-80.8258243	7.2238246		
13	12	-80.8122371	7.22381921		
14	13	-80.79865	7.22381341		
15	14	-80.7850628	7.22380722		
16	15	-80.7714756	7.22380061		

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Configuración del Proyecto y la Encuesta en LUApp

Una vez cargadas las parcelas en LUApp, se crea un proyecto específico en el que se configuran las encuestas personalizadas para la colecta de datos (Figura 10). Estas encuestas se diseñan conforme a los indicadores necesarios para monitorear los cambios de uso de

suelo y las dinámicas forestales, utilizando imágenes satelitales de alta resolución de Landsat 8, Sentinel 2 y Planet. En LUA, los datos de cada parcela son evaluados visualmente con las imágenes satelitales para determinar cambios o variaciones en la cobertura.

Figura 10. Vista de la encuesta sistematizada en LuApp

The screenshot displays a survey interface titled "Preguntas de la encuesta". At the top, there are navigation buttons for pages 1 and 2, with page 1 selected. A message indicates that pages with a red border are missing answers. The main section is "Uso final de la tierra" (Final land use), which includes several radio button options: "Tierras Forestales" (checked), "Humedales", "Tierras de Cultivos", "Asentamiento", "Pastizales", and "Otras Tierras". Below this is a sub-section "F - Sub Land Use" with options: "Bosque Maduro" (checked), "Bosque Secundario", "Manglar", "Plantación Latifoliada", and "Plantación de Conífera". At the bottom, a confirmation question "¿Estás seguro con esta parcela?" is followed by "Sí" and "No" buttons.

Fuente: LuAPP.

Capacitación de técnicos

Para este nuevo Mapatón, contamos con la participación de 15 técnicos, incluyendo tanto personal con experiencia en eventos previos como nuevos participantes que se unieron por primera vez. Con el objetivo de garantizar resultados consistentes y de alta calidad, especialmente ante la implementación de una nueva metodología de recopilación de datos con un enfoque jerárquico y un modelo de encuesta renovado, se organizó una capacitación previa detallada.

Durante esta formación, se aplicó el enfoque de "aprender-haciendo", en el que los técnicos practicaron directamente con ejemplos reales en plataformas de análisis geoespacial,

guiados por instructores experimentados. La Coalición de Naciones Tropicales (CfRN) brindó apoyo técnico y metodológico, asegurando la alineación con estándares internacionales.

Un aspecto central de la capacitación fue la homologación de criterios de fotointerpretación para las diferentes clases de uso de suelo. Para ello:

- Definición de clases de uso: Se estableció un catálogo estandarizado basado en criterios internacionales (como los propuestos por el IPCC) y ajustado al contexto local de Panamá. Estas clases incluyeron bosques primarios, bosques secundarios, rastrojos, pastos, cultivos y áreas urbanas, entre otras.
- Criterios de delimitación: Se desarrollaron guías visuales específicas (ver Anexo) para cada clase, destacando las características clave observables en imágenes satelitales (como textura, color, patrón y sombra). Estas guías se complementaron con imágenes de alta resolución y ejemplos históricos de las mismas áreas de interés.
- Análisis jerárquico: Se introdujo un enfoque de decisión jerárquico para minimizar ambigüedades en la interpretación. Por ejemplo, si un área mostraba características intermedias entre rastrojos y bosque secundario, se priorizaba el análisis temporal (con base en la dinámica de cambio) y la densidad del dosel para clasificar correctamente.
- Pruebas prácticas: Los técnicos realizaron ejercicios supervisados en plataformas como Google Earth Engine y en la misma LUA app, utilizando conjuntos de datos históricos y actuales. Se les dio retroalimentación personalizada para afinar sus habilidades.
- Evaluación y consenso: Los resultados de las prácticas se discutieron en sesiones grupales para identificar discrepancias y llegar a un consenso sobre criterios ambiguos, asegurando uniformidad en las interpretaciones.

Esta capacitación integral permitió a los técnicos desarrollar una comprensión compartida de los criterios de fotointerpretación y garantizar consistencia en los resultados, fortaleciendo la calidad de los datos recopilados en el Mapatón.

Interpretación de imágenes

A nivel nacional se distribuyen **33,485** parcelas de una superficie de **1 ha** cada una. Cada parcela cuenta con **25** puntos, a cada parcela se le asigna un solo uso de la tierra. El proceso de fotointerpretación era similar al proceso del Mapatón en el sentido que las características de la parcela eran similares, una hectárea con 25 puntos.

Para la realización del Mapatón se determinan coberturas de uso de la tierra congruentes con las categorías de uso de la tierra para la estimación de las emisiones de GEI del sector AFOLU (categoría 3B. Tierras) de las Directrices del IPCC de 2006. Únicamente las categorías de tierras forestales y tierras de cultivo son desagregadas en diferentes subcategorías (ver sección 6). En consecuencia, da como resultado un sistema de clasificación de **14** categorías de uso de tierra. En la Tabla **13** se puede observar la homologación simplificada de las categorías del IPCC y las definiciones de los diferentes usos de la tierra que Panamá utiliza y que comprenden el sistema de clasificación que se asigna en el Mapatón, incluyendo diferentes segregaciones de tipos de uso para tierras forestales y tierras de cultivo como se observa en la tercera columna. El abordaje de cada una de las clases de uso de la tierra para

apoyar al foto-intérprete en la tarea de clasificación se encuentran en la Tabla 17, en la parte superior de este documento.

Tabla 17. Categorización de los usos de la tierra en el Mapatón 2024

CATEGORÍA IPCC	CATEGORÍA NACIONAL
TIERRAS FORESTALES	1. Bosque maduro
	2. Bosque secundario
	3. Bosque de mangle
	4. Bosque plantado de coníferas
	5. Bosque plantado de latifoliadas
TIERRAS DE CULTIVO	6. Cultivos anuales (incluye musáceas)
	7. Cultivos permanentes
PASTIZALES	8. Pasto
	9. Rastrojo
HUMEDAL	10. Superficie de agua (*Natural)
	11. Cuerpo de agua artificial ("Flooded Land" en el IPCC, corresponde a embalse, Lago artificial)
	12. Vegetación baja inundable
	13. Estanques de acuicultura
ASENTAMIENTO	13. Área cultural
OTRAS TIERRAS	14. Área abierta sin o con poca vegetación

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Regla de jerarquía:

En el caso de parcelas con más de un uso de la tierra, se aplica una jerarquía para determinar el uso final de cada parcela, basándose en la proporción de puntos asignados a cada tipo de cobertura. Cada parcela está dividida en 25 puntos, y cada punto representa un 4% de la superficie total de la parcela. Si una parcela tiene al menos 8 puntos (32%) de tierras forestales, se clasifica como tierras forestales, independientemente de otros usos. Sin embargo, si la parcela tiene múltiples usos con proporciones diferentes, se utiliza la jerarquía para decidir el uso dominante. Por ejemplo, si una parcela tiene 36% de tierras forestales y

64% de pastizales, se asigna el uso de tierras forestales debido a que cumple con el umbral de puntos necesario para esta categoría. En otro caso, si una parcela tiene 25% de cultivos, 30% de pastos y 45% de tierras de humedales, la parcela se clasifica como pastizales ya que, aunque los humedales cubren la mayor parte de la parcela, la jerarquía de prioridades establece que el uso de pastizales prevalecería por encima de otros con cobertura similar. Este enfoque asegura una clasificación coherente y estandarizada del uso del suelo, incluso en casos de coberturas mixtas. Al final se busca alinear todo el proceso de clasificación con la definición de tierras forestales de Panamá.

i.	Tierras forestales	30%
ii.	Pastizales	20%
iii.	Tierras de Cultivos	20%
iv.	Tierras de humedales	20%
v.	Asentamientos	20%
vi.	Otras Tierras	20%

Control de calidad de la base de datos

Para garantizar la calidad de los datos de actividad, se implementaron los siguientes controles:

1. Verificación de la Superficie Total: Se comparó la superficie total reportada en las matrices de UTCUTS con el área oficial del país, que es de 7,532,583.4 hectáreas. Esta comparación asegura que no haya discrepancias en la contabilidad total.
2. Revisión de Consistencia Espacial: Se realizó un cruce entre los mapas de cobertura boscosa y la base de datos de uso de la tierra, verificando que las áreas transformadas y las permanentes sumen consistentemente la superficie total. Esto con el objetivo de ver si hay parcelas en lugares que no deberían estar. Por ejemplo, Manglares en zonas montañosas o Bosques Maduros en cuerpos de aguas, etc.
3. Validación de Transiciones: Un experto local revisó todas las matrices de cambio de uso de la tierra del 2010 al 2023 para asegurarse de que las transiciones reportadas fueran consistentes con las dinámicas ecológicas y no presentaran patrones ilógicos.

Estos procedimientos garantizaron que los datos sean precisos y representen de forma confiable la dinámica de uso de la tierra en el país.

3.9. Procesamiento de datos del Mapatón para la estimación de áreas (DA)

Una vez finalizada la colecta de datos mediante la aplicación LUA, se exportan los resultados en formato CSV. Esto genera una base de datos completa con la información de cada parcela, incluyendo las características de la dinámica forestal y los cambios de uso del suelo interpretados a partir de las imágenes satelitales. También se colectan los diferentes disturbios que ocurren en las tierras forestales como Tala, Incendios y Agricultura Itinerante.

Figura 11. Vista de los datos descargados de la fotointerpretación en el Mapatón 2024

#	lat	collectionTime	flagged	QAFlagged	confidence	code	extendedCode	Reassessed	2010_main	2010_sub	2010_subFinal	2010_disturbance	2010_degradation	2011_main	2011_sub
1	7.35945624	Tue Sep 03 2024 15:51:55 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
2	7.35944745	Fri Oct 11 2024 21:44:14 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BSEC/Dagri_2010	F/BSEC/Dagri_2010		Tierras Forestales	Bosque Secundario	Bosque Secundario	Agricultura Itinerante	20	Tierras Forestales	Bosque Sec
3	7.35943825	Thu Sep 12 2024 19:04:54 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BSEC/	F/BSEC/		Tierras Forestales	Bosque Secundario	Bosque Secundario			Tierras Forestales	Bosque Sec
4	7.35942864	Tue Sep 03 2024 13:51:41 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
5	7.35941861	Wed Sep 11 2024 15:05:23 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
6	7.35940817	Tue Sep 03 2024 15:25:17 GMT+	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
7	7.35939732	Tue Sep 03 2024 14:40:30 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
8	7.35938606	Tue Sep 03 2024 18:25:59 GMT+	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
9	7.35937438	Tue Sep 03 2024 19:58:03 GMT+	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	PF/RAS-BSEC_2023/	PF/RAS-BSEC_2023/		Pastizales	Rastrojos	Rastrojos			Pastizales	Rastrojos
10	7.35936623	Tue Sep 03 2024 18:18:22 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	P/PAST/	P/PAST/		Pastizales	Pastizales	Pastizales			Pastizales	Pastizales
11	7.3593498	Tue Sep 03 2024 17:11:10 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BSEC/	F/BSEC/		Tierras Forestales	Bosque Secundario	Bosque Secundario			Tierras Forestales	Bosque Sec
12	7.35933688	Tue Sep 03 2024 14:50:50 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BSEC/	F/BSEC/		Tierras Forestales	Bosque Secundario	Bosque Secundario			Tierras Forestales	Bosque Sec
13	7.35932356	Fri Sep 20 2024 19:09:05 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	P/PAST/	P/PAST/		Pastizales	Pastizales	Pastizales			Pastizales	Pastizales
14	7.35930982	Tue Sep 03 2024 15:48:39 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BSEC/	F/BSEC/		Tierras Forestales	Bosque Secundario	Bosque Secundario			Tierras Forestales	Bosque Sec
15	7.35929567	Tue Sep 17 2024 13:01:06 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	P/PAST/	P/PAST/		Pastizales	Pastizales	Pastizales			Pastizales	Pastizales
16	7.35928111	Tue Sep 17 2024 18:38:43 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	P/PAST/	P/PAST/		Pastizales	Pastizales	Pastizales			Pastizales	Pastizales
17	7.35926614	Tue Sep 17 2024 13:01:21 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	P/PAST/	P/PAST/		Pastizales	Pastizales	Pastizales			Pastizales	Pastizales
18	7.35925075	Wed Sep 11 2024 15:38:48 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	P/PAST/	P/PAST/		Pastizales	Pastizales	Pastizales			Pastizales	Pastizales
19	7.35923495	Tue Sep 03 2024 16:04:49 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	P/PAST/	P/PAST/		Pastizales	Pastizales	Pastizales			Pastizales	Pastizales
20	7.35921874	Tue Sep 03 2024 14:52:39 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
21	7.35920212	Fri Oct 11 2024 21:15:02 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BSEC/Dtala_2010	F/BSEC/Dtala_2010		Tierras Forestales	Bosque Secundario	Bosque Secundario	Tala	36	Tierras Forestales	Bosque Sec
22	7.35918509	Tue Sep 03 2024 14:57:34 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	P/PAST/	P/PAST/		Pastizales	Pastizales	Pastizales			Pastizales	Pastizales
23	7.35916764	Fri Sep 13 2024 19:19:43 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	P/PAST/	P/PAST/		Pastizales	Pastizales	Pastizales			Pastizales	Pastizales
24	7.35914978	Tue Sep 03 2024 19:40:26 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/MAN/	F/MAN/		Tierras Forestales	Manglar	Manglar			Tierras Forestales	Manglar
25	7.35913151	Tue Sep 03 2024 15:35:09 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	P/PAST/	P/PAST/		Pastizales	Pastizales	Pastizales			Pastizales	Pastizales
26	7.35911283	Tue Sep 03 2024 18:18:59 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/MAN/	F/MAN/		Tierras Forestales	Manglar	Manglar			Tierras Forestales	Manglar
27	7.35909373	Tue Sep 03 2024 15:51:03 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	H/AGUAN/	H/AGUAN/		Humedales	Cuerpos de agua Nat.	Cuerpos de agua Nat.			Humedales	Cuerpos de
28	7.37243908	Thu Sep 12 2024 19:07:04 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
29	7.37246249	Mon Sep 16 2024 20:05:08 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BSEC/	F/BSEC/		Tierras Forestales	Bosque Secundario	Bosque Secundario			Tierras Forestales	Bosque Sec
30	7.37248549	Tue Sep 03 2024 16:03:48 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
31	7.37250807	Tue Sep 03 2024 18:22:10 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
32	7.37253024	Wed Sep 11 2024 15:39:10 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
33	7.372552	Thu Sep 12 2024 19:07:13 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
34	7.37257335	Thu Sep 12 2024 19:07:13 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
35	7.37259428	Tue Sep 17 2024 14:36:13 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/BMAD/	F/BMAD/		Tierras Forestales	Bosque Maduro	Bosque Maduro			Tierras Forestales	Bosque Mai
36	7.3726148	Mon Sep 16 2024 19:12:38 GMT+	FALSO	FALSO	VERDADERO	F/MAN/	F/MAN/		Tierras Forestales	Manejar	Manejar			Tierras Forestales	Manejar

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Para extrapolar los resultados a nivel nacional, se calcula el factor de expansión dividiendo la superficie total del país entre el número de parcelas. Este factor permite representar los resultados en hectáreas por parcela, asegurando que los datos de la muestra reflejen la situación real en áreas no muestreadas directamente. En la hoja de cálculos, en la pestaña denominada base de datos se puede observar con mayor detalle.

Factor de expansión = Superficie del país / Total de parcelas

Panamá tiene una superficie total de 7,532,583.39 hectáreas y una malla sistemática de 33,485 parcelas.

Aplicando la fórmula del factor de expansión:

Factor de expansión = Superficie del país / Total de parcelas

Factor de expansión = 7,532,583.39 hectáreas / 33,485 parcelas

Factor de expansión = 224.95 hectáreas/parcelas

Esto significa que cada parcela en la muestra representa 224.95 hectáreas a nivel del país. Al multiplicar los datos de la muestra por este factor, se puede extrapolar los resultados a nivel nacional.

Unificación de una sola región climática

Con el objetivo de optimizar la precisión y eficiencia de nuestros análisis, se ha adoptado la decisión estratégica de clasificar todo el territorio nacional dentro de la región climática Tropical Muy Húmeda (TMH). Esta unificación simplifica significativamente el proceso al eliminar la complejidad y posibles inconsistencias asociadas con el manejo de datos fragmentados de múltiples regiones climáticas. Dado que la mayor parte del país pertenece naturalmente a la clasificación TMH, esta decisión no solo agiliza los cálculos, sino que también asegura una mayor coherencia y precisión en los resultados obtenidos.

En evaluaciones previas, la falta de datos detallados para regiones como Tropical Montano y Tropical Muy Húmeda llevó a utilizar los valores de la región TMH como referencia. Al estandarizar el análisis bajo esta única clasificación climática, no solo clarificamos la metodología empleada, sino que también incrementamos la confiabilidad y consistencia de nuestras conclusiones. Cabe mencionar que, adicionalmente, el inventario no fue estratificado por regiones climáticas, lo que refuerza la relevancia de este enfoque unificado para garantizar resultados más sólidos y representativos del contexto nacional.

3.10. Metodología para las estimaciones de emisiones

Las emisiones y absorciones de GEI se calcularon siguiendo las directrices de las guías del IPCC 2006 y el Refinamiento de 2019.

3.10.1. Cambio en las existencias de carbono de la biomasa (biomasa aérea y subterránea)

3.10.1.1. Tierra que permanece en la misma categoría de uso

1) Cambios en las existencias anuales de carbono para todo el sector AFOLU estimadas como la suma de los cambios en todas las categorías de uso de la tierra

ECUACIÓN 2.1 CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO PARA TODO EL SECTOR AFOLU ESTIMADAS COMO LA SUMA DE LOS CAMBIOS EN TODAS LAS CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA

$$\Delta C_{AFOLU} = \Delta C_{FL} + \Delta C_{CL} + \Delta C_{GL} + \Delta C_{WL} + \Delta C_{SL} + \Delta C_{OL}$$

Donde:

ΔC = cambio en las existencias de carbono, en toneladas

Los índices se refieren a las siguientes categorías de uso de la tierra:

AFOLU = Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

FL = Tierras forestales (TF)

CL = Tierras de cultivo (C)

GL = Pastizales (P)

WL = Humedales (H)

SL = Asentamientos (A)

OL = Otras tierras (OT)

2) Cambios en las existencias de carbono para una categoría de uso de la tierra

ECUACIÓN 2.2 CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO PARA UNA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA COMO LA SUMA DE LOS CAMBIOS DE CADA UNO DE LOS ESTRATOS DENTRO DE LA CATEGORÍA

$$\Delta C_{LU} = \sum_i \Delta C_{LU_i}$$

Donde:

ΔC_{LU} = cambios en las existencias de carbono para una categoría de uso de la tierra (LU, del inglés land use) según lo definido en la Ecuación 2.1.

i = indica un estrato o una subdivisión específico dentro de la categoría de uso de la tierra (por combinación de especies, zonas climáticas, ecotipos, regímenes de gestión, etc.

3) Cambios en las existencias de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra, ΔC_{LU_i}

ECUACIÓN 2.3 CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO PARA UN ESTRATO DE UNA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA COMO LA SUMA DE LOS CAMBIOS DE TODOS LOS DEPÓSITOS

$$\Delta C_{LU_i} = \Delta C_{AB} + \Delta C_{BB} + \Delta C_{DW} + \Delta C_{LI} + \Delta C_{SO} + \Delta C_{HWP}$$

Donde:

ΔC_{LU_i} = cambios en las existencias de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra

Los subíndices se refieren a los siguientes depósitos de carbono:

ΔC_{AB} = biomasa aérea

ΔC_{BB} = biomasa subterránea

ΔC_{MOM} = madera muerta

ΔC_{LI} = hojarasca

ΔC_{SO} = suelo

ΔC_{HWP} = productos de madera recolectada

Los datos de biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca, se tomaron del Inventario Nacional Forestal y de Carbono. La decisión de tomar estos datos fue porque Panamá decidió utilizar datos de país, ya que a finales del 2018 se culminó el inventario total que consta de 87 parcelas.

Tabla 18. Reservorios de carbono incluidos en el NRF de Panamá

	Incluido	Fuente	Notas
ΔC_{AB}	Si	INFC	Inventario Forestal Nacional Forestal y de Carbono
ΔC_{BB}	Si		
ΔC_{MOM}	Si		
ΔC_{LI}	Si		
ΔC_{SO}	Si	Mapa Global de Carbono Orgánico del Suelo (GSOCmap)	Esta herramienta fue desarrollada bajo el liderazgo de la Alianza Global por los Suelos (GSP)

	Incluido	Fuente	Notas
			de la FAO, con contribuciones de más de 100 países.
ΔC_{PMR}	No		El país aún no cuenta con la capacidad para estimar esta categoría

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

4) Cambios en las existencias anuales de carbono de un depósito dado en función de las pérdidas y las ganancias

Debido a que las existencias de carbono de depósitos de carbonos no se han medido en Panamá en dos momentos diferentes para determinar los cambios en las existencias de carbono, se opta por el Método de pérdidas y ganancias.

ECUACIÓN 2.4 CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO DE UN DEPÓSITO DADO EN FUNCIÓN DE LAS PÉRDIDAS Y LAS GANANCIAS (MÉTODO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS)

$$\Delta C = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Donde:

ΔC = cambio en las existencias anuales de carbono del depósito, ton C año⁻¹

ΔC_G = ganancia anual de carbono, ton C año⁻¹

ΔC_L = pérdida anual de carbono, ton C año⁻¹

5) Cambio en las existencias de carbono de la biomasa (biomasa aérea y subterránea), ΔC_B

**ECUACIÓN 2.7
CAMBIO ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASA
EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN UNA CATEGORÍA EN PARTICULAR DE USO DE LA TIERRA
(MÉTODO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS)**

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

Donde:

ΔC_B = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C año⁻¹

ΔC_G = aumento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C año⁻¹

ΔC_L = reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C año⁻¹

6) Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa, ΔC_G

ECUACIÓN 2.9
INCREMENTO ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASA
EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} \cdot G_{TOTAL_{i,j}} \cdot CF_{i,j})$$

Donde:

ΔC_G = incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido al crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática, ton C año⁻¹

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, ha

G_{TOTAL} = crecimiento medio anual de la biomasa, ton d. m. ha⁻¹año⁻¹

i = zona ecológica i (i = 1 a n)

j = Dominio climático j (j = 1 a m)

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (t.d.m.)⁻¹

Tabla 19. Superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra

A: Superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra			
LU	Sub-Categoría	Fuente	Notas
F	Bosque Maduro	LuaApp - Mapatón	Años: 2016-2020
	Rastrojos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016-2020
	Bosque Secundario	LuaApp - Mapatón	Años: 2016-2020
	Manglar	LuaApp - Mapatón	Años: 2016-2020
	Plantaciones Latifoliadas	LuaApp - Mapatón	Años: 2016-2020
	Plantaciones Coníferas	LuaApp - Mapatón	Años: 2016-2020
C	Cultivo Anuales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016-2020
	Cultivos Permanentes	LuaApp - Mapatón	Años: 2016-2020
G	Pastos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016-2020
	Rastrojos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016-2020
W	Humedales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016-2020
A	Asentamientos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016-2020

A: Superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra			
LU	Sub-Categoría	Fuente	Notas
O	Otras Tierras	LuaApp - Mapatón	Años: 2016-2020

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Tabla 20. Fracción de carbono de materia seca

CATEGORÍA	Valor	Referencias
Bosque Maduro	0.49	IPCC 2006. Vol. 4, Cap 4, Pag. 4.57, Cuadro 4.3
Bosque Secundario	0.49	IPCC 2006. Vol. 4, Cap 4, Pag. 4.57, Cuadro 4.3
Manglar	0.45	2013 Wetland Supplement, Table 4.2.
Plantaciones, Latifoliadas	0.49	IPCC 2006. Vol. 4, Cap. 4, Pag. 4.57, Cuadro 4.3
Plantaciones, Coníferas	0.49	

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Los valores de Fracción de carbono de materia seca que se presentan en esta tabla son los mismo utilizados en el Primer Informe Bienal de Transparencia.

6) **Crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea, G_{TOTAL}**

ECUACIÓN 2.10	
INCREMENTOS ANUALES PROMEDIO DE LA BIOMASA	
Nivel 1	
$G_{TOTAL} = \sum \{G_w \cdot (1 + R)\}$	Se emplean directamente los datos de incremento de biomasa (materia seca)
Niveles 2 y 3	
$G_{TOTAL} = \sum \{I_V \cdot BCEF_I \cdot (1 + R)\}$	Se utilizan los datos del incremento anual neto para estimar el G_w aplicando el factor de conversión y expansión de la biomasa

Donde:

G_{TOTAL} = crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea, t.d.m. $ha^{-1}año^{-1}$

G_w = promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa, t.d.m. $ha^{-1}año^{-1}$

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación en t.d.m. de biomasa subterránea (t.d.m. de biomasa aérea)⁻¹

Tabla 21. Relación entre la biomasa aérea y subterránea (R) en toneladas de materia seca de raíz por tonelada de materia seca (tdm raíz. Tedm-1)

CATEGORÍA	Valor	Referencias
Bosque Maduro	0.28	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.18, Cuadro 4.4 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines. (Con biomasa >125)
Bosque Secundario	0.28	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.18, Cuadro 4.4, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines. (Con biomasa aérea <125)
Manglar	0.49	IPCC. 2006. Cap. 4, Pag. 4.13, Cuadro 4.5
Plantaciones, Latifoliadas	0.17	Vol.4, Cap.4, Pág 4.18, Cuadro 4.4. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines. Para el caso de plantaciones de coníferas se asume el mismo valor que para plantaciones latifoliadas.
Plantaciones, Coníferas	0.17	

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Tabla 22. Promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea Gw (t.d.m/ha)

CATEGORÍA	Valor (t.d.m/ha/año)	Referencias
Bosque Maduro	1.0	Derivado del paper denominado "Deforestation scenarios show the importance of secondary forest for meeting Panama's carbon goals" Hall et al. (2022). Ver en carpeta de Anexo el documento denominado " Anexo7. Tasa de Crecimiento de Bosques maduros y Bibliografías Locales ". Ver Anexos
Bosque Secundario	4.36	Dato nacional estimado con base al Inventario Nacional Forestal.
Manglar	4.37	Criterio de experto, análisis alométrico y bibliográfico
Plantaciones, Latifoliadas	15.04	Artículo nacional (Murillo, Alvarado, & Verjans, 2015)
Plantaciones, Coníferas	15.66	Consultoría nacional: Herrera, C. 2020. Informe de consultoría - MiAMBIENTE/PNUD. Panamá. Usando un BCEFi para un incremento 11 a 20 m ³ del Vol.4, Cap.4, Pág 4.52, Cuadro 4.5 de las Directrices del IPCC de 2006.

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Notas aclaratorias: A diferencia del NRF anterior, en el que se asignaba un valor de 0 t.d.m./ha/año a los bosques maduros de Panamá, en esta ocasión se ha incorporado bibliografía científica reciente. Uno de los estudios clave es el artículo titulado "Deforestation

scenarios show the importance of secondary forest for meeting Panama's carbon goals" de Hall et al. (2022). Este trabajo se basa en modelos dinámicos de acumulación de biomasa y carbono, ajustados con datos empíricos obtenidos a partir de mediciones realizadas en el Proyecto Agua Salud y otros estudios locales en Panamá.

La evaluación de los bosques maduros resulta especialmente relevante, ya que siguen desempeñando un papel crucial en la remoción de CO₂ a nivel global. Este enfoque permite enfrentar los incentivos perversos que amenazan su preservación, los cuales surgen de la errónea percepción de que solo los bosques secundarios son efectivos en la captura de carbono. Con esta perspectiva, reafirmamos la importancia de los bosques maduros, no solo como aliados indispensables en la lucha contra el cambio climático, sino también como elementos clave para la conservación de la biodiversidad.

Para el caso del uso de la tierra de Manglar se partió de un análisis de varios artículos científicos se tomó el criterio de utilizar el valor para Gw= 4.37 t.d.m./ha para bosques de manglares. El proceso de cómo se llegó a este valor se encuentra en la carpeta de Anexo denominado "Metodología para la estimación de la Tasa de crecimiento de los Manglares en Panamá" y los cálculos reposan en la hoja de Excel en la carpeta de anexo denominado "[Anexo10 Proceso para la estimación de Gw para manglar](#)".

A partir del criterio de expertos forestales de Panamá, se llegó a la conclusión de que en Panamá el 80% de las plantaciones son de especies latifoliadas (Teca) y el 20% son de especie coníferas; la mayoría de las plantaciones se encuentran en el área del pacífico.

7) Reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa, ΔCL

<p>ECUACIÓN 2.11</p> <p>REDUCCIÓN ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASA EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA (MÉTODO DE DIFERENCIA DE EXISTENCIAS)</p> $\Delta C_L = L_{remoción-bosques} + L_{madera-combustible} + L_{perturbación}$
--

Dónde:

ΔCL = reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra, ton C año⁻¹

L_{remoción-bosques} = pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, ton C año⁻¹

L_{madera-combustible} = pérdida anual de carbono en la biomasa debida a remoción de madera combustible, ton C año⁻¹

L_{perturbación} = pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones, ton C año⁻¹

8) Pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, L_{remoción-bosques}

ECUACIÓN 2.12
PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO EN LA BIOMASA POR REMOCIONES DE BOSQUES

$$L_{remoción-bosques} = \{H \cdot BCEF_R \cdot (1 + R) \cdot CF\}$$

Donde:

- L_{remoción-bosques}** = pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, ton C año⁻¹
- H** = remociones anuales de bosques, rollizos, m³ año⁻¹
- R** = relación entre la biomasa subterránea y la aérea en ton d.m. de biomasa subterránea (t.d.m. de biomasa aérea)⁻¹.
- CF** = fracción de carbono de materia seca, ton C (t.d.m.)⁻¹
- BCEF_s** = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa (incluida la corteza), toneladas de remoción de biomasa aérea (m³ de remociones)⁻¹

Tabla 23. Remociones anuales de madera, rollizos. Volumen Anual de Madera Aprovechada (Tierras Forestales)

Años	Metros Cúbicos			Fuente
	Pino	Latifoliadas	Total	
2016	3,581	123,625	127,206	Estadísticas Nacionales de la Dirección Forestal (MIAMBIENTE)
2017	3,706	157,048	160,753	
2018	10,843	91,190	102,032	
2019	24,106	143,808	167,915	
2020	1,799	12,574	14,372	

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Notas aclaratorias: Los datos utilizados de m³ de madera en rollizo, fue suministrada por la Dirección Nacional Forestal de MiAMBIENTE y datos de la Contraloría General de la República. A estos datos se les aplicó un control de calidad riguroso para asegurar la calidad de las estimaciones. El control de calidad fue desarrollado por un forestal senior que ha estado involucrado por muchos años en el área de aprovechamiento forestal de plantaciones comerciales y bosques naturales.

9) Pérdida anual de carbono debida a la remoción de madera combustible, L_{madera-combustible}

ECUACIÓN 2.13

PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO EN LA BIOMASA POR REMOCIONES DE MADERA COMBUSTIBLE

$$L_{madera-combustible} = [\{FG_{árboles} \cdot BCEF_R \cdot (1 + R)\} + FG_{parte} \cdot D] \cdot CF$$

Dónde:

$L_{\text{madera-combustible}}$ = pérdida anual de carbono debida a la remoción de madera combustible, ton C año⁻¹

$FG_{\text{árboles}}$ = volumen anual de remoción de madera combustible de árboles enteros, m³ año⁻¹

FG_{parte} = volumen anual de remoción de madera combustible como parte de árboles, m³ año⁻¹

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea, en ton d.m. de biomasa subterránea (t.d.m. de biomasa aérea)⁻¹.

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (t.d.m.)⁻¹

D = densidad básica de la madera, ton d.m. m⁻³

$BCEF_s$ = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa (incluida la corteza), toneladas de remoción de biomasa (m³ de remociones)⁻¹

Tabla 24. Volumen anual de remoción de madera combustible de partes de árboles (FG_{parte})

Años	Toneladas y Volumen			
	Consumo de Leña			
	Toneladas	Volumen Total m ³	Bosque maduro m ³	Bosque secundario m ³
2016	583.126	1.029.046,7	308.714,0	205.809,3
2017	579.534	1.022.706,2	306.811,9	204.541,2
2018	575.971	1.016.420,2	304.926,1	203.284,0
2019	572.400	1.010.117,6	303.035,3	202.023,5
2020	570.279	1.006.374,1	301.912,2	201.274,8

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Notas aclaratorias: El Ministerio de Ambiente no tiene registro de madera combustible de árboles enteros ($FG_{\text{árboles}}$), tampoco estadística de madera combustible como árboles enteros, ya que en Panamá no se da la práctica de tomar arboles enteros para leña. Se pretende mejorar la colección de esta información. Para este nivel de referencia solo se contabilizan las emisiones producto de la extracción por leña en bosques secundarios y bosques maduros.

10) Pérdida de biomasa y de carbono por perturbaciones, $L_{\text{perturbación}}$

ECUACIÓN 2.14

PÉRDIDAS ANUALES DE CARBONO EN LA BIOMASA DEBIDAS A PERTURBACIONES

$$L_{\text{perturbación}} = \{A_{\text{perturbación}} \bullet B_w \bullet (1 + R) \bullet CF \bullet fd\}$$

Donde:

- $L_{\text{perturbación}}$ = otras pérdidas anuales de carbono, ton C año⁻¹
- $A_{\text{perturbación}}$ = superficie afectada por perturbaciones, ha año⁻¹
- B_w = biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones, t.d.m. ha⁻¹
- R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea en tond.m. de biomasa subterránea (t.d.m. de biomasa aérea)¹
- CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (t.d.m.)⁻¹
- fd = fracción de biomasa perdida por perturbaciones

Tabla 25. Superficie afectada por perturbaciones

$A_{\text{perturbación}}$ = superficie afectada por perturbaciones			
LU	Sub-Categoría	Fuente	Notas
F	Bosque Maduro	<ul style="list-style-type: none"> Dirección de Protección y Calidad Ambiental (DIVEDA-MiAMBIENTE) Dirección de Cambio Climático (MiAMBIENTE DCC), levantamiento de datos geospaciales con LUApp. 	Los datos de perturbación corresponden a incendios, tala (fragmentación) y agricultura itinerante de subsistencia
	Bosque Secundario		
	Manglar		
	Plantaciones Latifoliadas		
	Plantaciones Coníferas		
C	Tierras de Cultivo	Dirección de Protección y Calidad Ambiental (DIVEDA-MiAMBIENTE)	Los datos de perturbación corresponden a incendios en cultivos anuales y permanentes
P	Pastizales	Dirección de Protección y Calidad Ambiental (DIVEDA-MiAMBIENTE)	Los datos de perturbación corresponden a incendios en Gramíneas (herbazales, pastos, etc.), Potreros (bajo uso pecuario) y rastrojos

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Notas aclaratorias: Los datos de incendios forestales son recopilados en campo por funcionarios con previa capacitación en el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS),

identificación de tipos de vegetación (bosque maduro, bosque secundario, Rastrojo, Bosque de Manglar, Bosques plantados, Vegetación baja inundable, gramíneas (herbazales y pastos), cultivos agrícolas establecidos y potreros bajo uso agropecuario). Con el GPS, se hacen levantamientos de puntos para obtener el perímetro de áreas afectadas por el incendio y determinar su superficie³⁵. Estos datos son centralizados por la DIVEDA del cual se obtuvo una serie temporal inicial para 2005-2015 que incluye información agregada para bosques y áreas agropecuarias. Los datos originales se reorganizaron según la clasificación de las tierras en Tierra Forestal, Tierras de Cultivos dentro de Pastos y Gramíneas³⁶. Cuando hay un incendio forestal, se estiman las emisiones de CO₂ y No-CO₂. Estas estimaciones se calculan sobre las tierras forestales que permanecen como tierras forestales. Pero cuando hay un cambio de uso a pastizales o tierras de cultivo, generalmente se quema, pero no sabemos exactamente la magnitud en que se produce esta acción. Somos conscientes de que debemos mejorar la forma en que se estiman las áreas de incendios en Panamá y más aún establecer con alta precisión qué áreas se queman después de que ocurre un cambio de uso de suelo. Se tomó la decisión técnica de no incluir estimaciones de áreas quemadas después del cambio de uso del suelo para evitar una doble contabilidad con las estadísticas nacionales de incendios.

Tabla 26. Datos de incendios forestales 2016-2020

Años	Valores de dato de actividad							
	Superficie Anual Quemada							
	Hectáreas (ha)							
	Nº de Incendios	Bosque Maduro	Bosque Secundario	Rastrojo	Manglar	Plantaciones ^{1/}	Pastos	Cultivos ^{2/}
2016	4,711	921.06	23,202.38	15,182.58	0.09	2,618.79	785.64	1,396.10
2017	1,466	0.00	51.21	1,528.38	0.50	171.31	51.39	160.76
2018	1,038	0.35	28.01	1,125.68	0.00	322.97	96.89	79.09
2019	1,117	602.0	9,930.2	16,444.8	612.5	787.0	236.1	1,192.8
2020	343	0.7	140.1	327.0	4.0	148.8	63.8	69.7

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

³⁵ Para más detalles revisar el "Anexo 7. Metodología para la detección y cuantificación de incendios de Masas Vegetales por el Ministerio de Ambiente"

³⁶ Los detalles de la reorganización se encuentran en la base de datos de Excel, en la carpeta Base de datos_FREL.

Tabla 27. Biomasa aérea promedio de superficies de tierras forestales

CATEGORÍA	Valor	Fuente
Bosque Maduro	160.55	MIAMBIENTE 2020. Inventario Nacional Forestal y de Carbono.
Bosque Secundario	94.17	MIAMBIENTE 2020. Inventario Nacional Forestal y de Carbono
Manglar	75.67	
Plantaciones, Latifoliadas	257.2	Artículo nacional (Murillo, Alvarado, & Verjans, 2015)
Plantaciones, Coníferas	162.61	MIAMBIENTE 2020. Inventario Nacional Forestal y de Carbono.

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Notas aclaratorias: La Tabla 27 muestra los valores promedio de Biomasa Aérea. Este valor se utiliza en la ecuación 2.14 pérdidas anuales de carbono debido a perturbaciones específicamente en la variable Bw.

Tabla 28. Fracción de biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones en incendios, tala, agricultura itinerante (fd)

Categoría	Fuego	Fuente
Bosque Maduro	0.36	Guías del IPCC, refinamiento. Tabla 2.6 pág. 2.55. All primary tropical forest.
Manglar	0.36	
Bosque Secundario	0.55	Guías del IPCC, refinamiento. Tabla 2.6 pág. 2.55 All secondary tropical forests
Plantaciones, Latifoliadas	0.55	
Plantaciones, Coníferas	0.55	

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

En la Tabla 28, se puede observar los valores de Fd correspondientes a una perturbación por incendio, de acuerdo con los establecidos en el INGEI presentado en el 1IBT que también fueron usados en este nivel de referencia. Se emplearon los datos provenientes de las guías oficiales, dado que los valores de las series anteriores fueron estimados con base en supuestos incorrectos, derivados de un entendimiento inadecuado de las directrices del IPCC 2006.

Para estimar la fracción promedio de biomasa de superficie terrestre afectada por tala y agricultura itinerante, se utilizaron los datos recopilados durante el ejercicio denominado "Mapatón". En este ejercicio, los fotointérpretes identificaron áreas donde se había realizado tala sin remover más del 70% de la cobertura vegetal (según la definición de Bosque). En estas

áreas, se asignó un porcentaje de parcela correspondiente a la cantidad de cobertura vegetal eliminada por la tala. Este porcentaje se promedió según los distintos tipos de cobertura forestal. En cuanto a la agricultura itinerante, se realizó un procedimiento similar, estimando un porcentaje promedio de los valores obtenidos a través de fotointerpretación, y se asignó este valor como el factor Fd. Cada valor de Fd corresponde a un año en específico. Los valores se pueden apreciar en la siguiente Tabla 29.

Tabla 29. Fracción de Biomasa perdida en el disturbio (fd)

Fracción de Biomasa pérdida en el disturbio (fd)															
Tipo de bosque	Bosque Maduro			Bosque Secundario			Manglar			Plantación de Latifoliadas			Plantación de Coníferas		
Year	Agricultura Itinerante	Fuego	Tala	Agricultura Itinerante	Fuego	Tala	Agricultura Itinerante	Fuego	Tala	Agricultura Itinerante	Fuego	Tala	Agricultura Itinerante	Fuego	Tala
2011	0.60	0.36	0.40	0.14	0.55	0.39	NO	0.36	NO	NO	0.55	NO	NO	0.55	NO
2012	NO	0.36	0.16	0.25	0.55	0.29	NO	0.36	NO	NO	0.55	NO	NO	0.55	NO
2013	0.36	0.36	0.24	0.39	0.55	0.36	NO	0.36	NO	NO	0.55	NO	NO	0.55	NO
2014	NO	0.36	0.30	0.30	0.55	0.26	NO	0.36	NO	NO	0.55	NO	NO	0.55	NO
2015	0.14	0.36	0.30	0.24	0.55	0.31	NO	0.36	NO	NO	0.55	NO	NO	0.55	NO
2016	0.04	0.36	0.26	0.28	0.55	0.29	NO	0.36	NO	NO	0.55	NO	NO	0.55	NO
2017	NO	0.36	0.29	0.35	0.55	0.28	NO	0.36	NO	NO	0.55	NO	NO	0.55	NO
2018	0.36	0.36	0.46	0.26	0.55	0.27	NO	0.36	NO	NO	0.55	NO	NO	0.55	NO
2019	0.32	0.36	0.28	0.28	0.55	0.31	NO	0.36	NO	NO	0.55	NO	NO	0.55	NO
2020	0.25	0.36	0.32	0.23	0.55	0.22	NO	0.36	NO	NO	0.55	NO	NO	0.55	NO

Fracción de Biomasa pérdida en el disturbio (fd)															
Tipo de bosque	Bosque Maduro			Bosque Secundario			Manglar			Plantación de Latifoliadas			Plantación de Coníferas		
Year	Agricultura Itinerante	Fuego	Tala	Agricultura Itinerante	Fuego	Tala	Agricultura Itinerante	Fuego	Tala	Agricultura Itinerante	Fuego	Tala	Agricultura Itinerante	Fuego	Tala
	0.29	0.36	0.29	0.28	0.55	0.30	NO	0.36	0.04	NO	0.55	0.64	NO	0.55	0.40

Fuente: Elaboración propia de Ministerio de Ambiente. Los valores de Fd para agricultura y tala proviene de estimaciones nacionales con datos del Mapatón.

3.10.1.2. Tierras que se convierten a una nueva categoría de uso

1) Incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, ΔCG

El incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a tierras convertidas en otras categorías de uso de la tierra se puede estimar aplicando la Ecuación 2.9 descrita precedentemente para tierras que permanecen en una categoría.

Tabla 30. Superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra y/o convertidas en otra categoría o subcategoría

A: Superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra y/o convertidas en otra categoría o sub-categoría			
LU	Sub-Categoría	Fuente	Notas
F	Tierras Forestales > Tierras Forestales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
F>C	Tierras Forestales > Cultivos Permanentes	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Tierras Forestales > Cultivos Anuales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
F>P	Tierras Forestales > Pastizales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Estos pueden ser vistos en las matrices de la base de datos de Excel en la pestaña "Matrices UTCUTS".

Tabla 31. Superficie de tierra que se convierte a otra categoría de uso de la tierra

A: Superficie de tierra que se convierte a otra categoría de uso de la tierra			
LUC	Sub-Categoría	Fuente	Notas
F>No-F	Tierras Forestales > Cultivos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Tierras Forestales > Pastizales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Tierras Forestales > Humedales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Tierras Forestales > Asentamientos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Tierras Forestales > Otras Tierras	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
CL> No-CL	Cultivos > Tierras Forestales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Cultivos > Pastizales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Cultivos > Humedales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Cultivos > Asentamientos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Cultivos > Otras Tierras	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
GL>No-GL	Pastizales > Tierras Forestales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Pastizales > Cultivos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Pastizales > Humedales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Pastizales > Asentamientos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Pastizales > Otras Tierras	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Pastizales > Cultivos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
W>No-W	Humedales > Tierras Forestales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Humedales > Cultivos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Humedales > Pastizales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Humedales > Asentamientos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Humedales > Otras Tierras	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020

A: Superficie de tierra que se convierte a otra categoría de uso de la tierra			
S>No-S	Asentamientos > Tierras Forestales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Asentamientos > Cultivos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Asentamientos > Pastizales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Asentamientos > Humedales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Asentamientos > Otras Tierras	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Asentamientos > Tierras Forestales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
O>No-O	Otras Tierras > Tierras Forestales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Otras Tierras > Cultivos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Otras Tierras > Pastizales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Otras Tierras > Humedales	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Otras Tierras > Otras Tierras	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020
	Otras Tierras > Asentamientos	LuaApp - Mapatón	Años: 2016 al 2020

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Notas aclaratorias: En esta sección se presentan las transiciones de uso de la tierra en Panamá, resultado de un control de calidad realizado en consenso entre expertos forestales locales y especialistas en sensores remotos. Estas transiciones son evaluadas anualmente utilizando la herramienta LuA App, basada en Collect Earth Online, lo que permite establecer protocolos consistentes de seguimiento y monitoreo de los cambios de uso de la tierra. Es importante resaltar que la transición de rastrojo a bosque secundario no ocurre de manera inmediata. Los intérpretes analizan el avance del rastrojo año a año para determinar cuándo su estructura corresponde a la de un bosque secundario. Por ejemplo, si en 2010 una parcela era pasto y en 2011 ya se observaba como rastrojo, el intérprete continúa evaluando hasta que en 2016 identifica que la estructura ha alcanzado las características de un bosque secundario. Esto explica por qué en la matriz de cambio de uso 2015-2016 se registra este cambio: no porque se haya observado exclusivamente en 2016, sino como resultado de un seguimiento detallado desde 2011.

2) Reducción anual de las existencias de carbono en la biomasa debida a pérdidas, ACL

La reducción anual de existencias de carbono en la biomasa debida a pérdidas en tierras convertidas (remociones de bosques o talas, recogida de madera combustible y perturbaciones) se estima empleando las Ecuaciones 2.11 a 2.14. Sin embargo, para esta sección Panamá no cuenta con datos desagregados disponibles, por lo tanto, todas las pérdidas por extracción de madera, leña y perturbaciones son cuantificadas en las correspondientes secciones de Tierras que permanecen en la misma categoría (TF>TF).

3) Cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, ΔC_B

En el Nivel 2, la Ecuación 2.4 se reemplaza por la Ecuación 2.15, donde los cambios en las existencias de carbono se calculan como la suma del incremento de las existencias de carbono debidas al crecimiento de la biomasa, más los cambios debidos a conversión real, y la reducción de existencias de carbono debida a pérdidas.

<p>ECUACIÓN 2.15 CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASAS EN TIERRAS CONVERTIDAS A OTRA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA (NIVEL 2)</p> $\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSIÓN} - \Delta C_L$

Donde:

- ΔC_B** = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año⁻¹
- ΔC_G** = incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año⁻¹
- $\Delta C_{CONVERSIÓN}$** = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año⁻¹
- ΔC_L** = reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año⁻¹

4) Cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra, $\Delta C_{CONVERSIÓN}$

<p>ECUACIÓN 2.16 CAMBIO INICIAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN LA BIOMASA DE TIERRAS CONVERTIDAS A OTRA CATEGORÍA DE TIERRA</p> $\Delta C_{CONVERSIÓN} = \sum_i \{ (B_{DESPUÉS_i} - B_{ANTES_i}) \cdot \Delta A_{A_OTRAS_i} \} \cdot CF$

Donde:

- $\Delta C_{CONVERSIÓN}$** = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra, ton C año⁻¹

- B_{DESPUÉS_i}** = existencias de biomasa en el tipo de tierra *i* inmediatamente después de la conversión, t.d.m. ha⁻¹
- B_{ANTES_i}** = existencias de biomasa en el tipo de tierra *i* antes de la conversión, t.d.m. ha⁻¹
- Δ_{AA_OTRASI}** = superficie de uso de la tierra *i* convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado, ha año⁻¹
- CF** = fracción de carbono de materia seca, ton C (t.d.m.)⁻¹
- i** = tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

Cuando se identificaron cambios de uso de suelo que implican ganancias de carbono, se utilizó la Biomasa Después de la Conversión, que son las siguientes:

Tabla 32. Estimación de Biomasa después de la Conversión (Ganancias)

Uso de la tierra	Biomasa aérea (t.m.s/ ha)	Fuente
Bosques Plantados (Latifoliadas) (Pasto a Latifoliada) a 3 años	16.92 t.m.s/ha	Análisis de papers nacionales.
Bosques Plantados (Coníferas) (Pasto a Coníferas) a 3 años	55.98 t.m.s/ha	Análisis de papers nacionales.
Bosque Secundario (Rastrojo a Bosque Secundario) a 5 años	31.99 t.d.m/ ha	Análisis de papers nacionales.
Manglares (Otras tierras a Manglar) a los cinco (5) años de conversión	21.85 t.m.s/ha	Análisis de papers nacionales.

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Se establecieron supuestos para determinar el análisis de las biomásas después de la conversión (en el caso de las ganancias de stocks). Debido al proceso de levantamiento de datos de actividad, que proviene de un ejercicio de fotointerpretación, se establecieron supuestos en los que los fotointérpretes identifican y pueden observar el cambio de uso de suelo correspondiente. Es decir:

Para determinar la biomasa después de la conversión en **bosques secundarios** originados de rastrojos, es necesario considerar el crecimiento ocurrido en los primeros cinco (5) años. Al no haberse estimado el crecimiento del rastrojo en este nuevo NRF debido a nuevas mejoras para evitar sobreestimaciones, en estos casos donde sí llegan a convertirse en bosque secundario, se debe estimar toda la biomasa que ha crecido y se ha convertido en bosque secundario en esos cinco (5) años. Para esto se toma el valor del crecimiento medio anual y se multiplica por 5. La estimación para determinar la biomasa aérea en el momento de la transición de Rastrojo a Bosque Secundario Joven se puede encontrar en la carpeta de

Anexos en el documento denominado "[Anexo11 Estimación Paso a Paso para Determinar la Biomasa Aérea en el Momento de la Transición de Rastrojo a Bosque Secundario Joven](#)".

Para el caso de los **manglares** igualmente, se considera que esta transición es observable por la foto intérprete una vez han concurrido cinco (5) años desde su crecimiento. Más información ver el documento en la carpeta de anexo denominado [Anexo4 Para calcular la biomasa de un manglar a los 5 años](#)

En el caso de las **plantaciones latifoliadas**, se mantiene el supuesto de que el cambio o conversión es visible en la imagen satelital, una vez han transcurrido aproximadamente tres (3) años desde su establecimiento. (Ver anexos: [Anexo6 Análisis Técnico del Cálculo de Biomasa Seca Total de Teca v3](#)).

3.10.2. Cambios de las existencias de carbono en materia orgánica muerta (MOM)

3.10.2.1. Tierra que permanece en la misma categoría de uso

Debido a que Panamá no cuenta con mediciones de existencias de MOM para diferentes períodos para estimar los cambios en las existencias de C, así como de transferencias anual a las existencias de MOM, Panamá decidió utilizar el método de Nivel 1. En el Nivel 1 se supone que sus existencias no cambian con el transcurso del tiempo si la tierra permanece en la misma categoría de uso de la tierra.

Por consiguiente, se supone que el carbono de la biomasa que muere durante una perturbación o por un evento de gestión (excepto la remoción de productos de madera cosechados) se libera totalmente a la atmósfera en el año del evento. Esto equivale a suponer que el carbono de los componentes no venables y no comerciales que se transfieren a la materia orgánica muerta equivale a la cantidad de carbono que se libera de la materia orgánica muerta a la atmósfera mediante descomposición y oxidación.

Por lo tanto, para estimar los depósitos de MOM en las tierras que permanecen en la misma categoría, Panamá asume que equivalen a cero los cambios en las existencias de carbono y en las emisiones de carbono de esos depósitos. Siguiendo esta regla, las emisiones de CO₂ resultantes de la combustión de MOM durante un incendio no se declaran, como tampoco se declara de los aumentos de las existencias de carbono en MOM muerta de los años posteriores al incendio. Sin embargo, sí se declaran las emisiones de gases no CO₂ originadas por el quemado de depósitos de MOM.

3.10.2.2. Tierras que se convierten a una nueva categoría de uso

Siguiendo el método Nivel 1, Panamá supone que los depósitos de MOM en las categorías no forestales de uso de la tierra tras la conversión equivalen a cero; es decir, que no contienen carbono.

Una de las modificaciones de este nuevo FRL es que, para los cambios de carbono en el pool de MOM, se consideran las emisiones que ocurren a lo largo de un periodo de 20 años, tomado como un promedio en el que se logra un balance. Esto difiere del FRL anterior, en el que todas las pérdidas de carbono del pool de MOM se contabilizaban en el año de la conversión del uso del suelo.

Para la conversión a tierras forestales, que trae como resultado un aumento de los depósitos de hojarasca y madera muerta, Panamá asume que se inicia en ausencia de carbono en tales

depósitos, y que las ganancias de carbono en la MOM de las tierras convertidas en forestales se producen de manera lineal, comenzando en cero, durante un período de transición, por defecto, de 20 años. Después de los 20 años, la zona convertida ingresa en la categoría de Tierras forestales que permanecen como tales y se supone que ya no hay más cambios de MOM (método de Nivel 1).

ECUACIÓN 2.23

CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN MADERA MUERTA Y HOJARASCA DEBIDO A LA CONVERSIÓN EN EL USO DE LA TIERRA

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_n - C_o) \cdot A_{on}}{T_{on}}$$

Donde:

ΔC_{MOM} = cambio en las existencias anuales de carbono en madera muerta u hojarasca, ton C año⁻¹

C_o = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la categoría anterior de uso de la tierra, ton C ha⁻¹

C_n = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la nueva categoría de uso de la tierra, ton C ha⁻¹

A_{on} = superficie sometida a la conversión de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, ha

T_{on} = lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, año.

El valor por defecto del Nivel 1 es de 20 años para los incrementos de existencias de carbono y de 1 año para las pérdidas de carbono.

3.10.3. Cambios en la existencia de carbono en hojarasca

Los datos fueron tomados del INFC y se estimaron de la siguiente manera:

La hojarasca se midió en varias subparcelas de 1 m² en la UM. En estas subparcelas se midió el peso húmedo de la hojarasca y se asignó una categoría de humedad. Además, en el punto central de la UM se estableció una subparcela de 1 m² para tomar una muestra de hojarasca que se llevó al laboratorio para determinar el contenido de carbono. Para estimar el carbono en la hojarasca de una subparcela, se utilizó la siguiente fórmula:

$$c_{hr} = ph \cdot \left(1 - \frac{ch}{100}\right) \cdot c_{\%}$$

Donde:

c_{hr} = carbono en hojarasca en una subparcela (g/m²)

ph = peso húmedo (gramos)

ch = contenido de humedad (%)

c% = porcentaje de carbono obtenido del análisis de laboratorio utilizando la muestra de hojarasca de la subparcela del punto central. Para convertir el valor de carbono de cada parcela en g/m² a un valor en t/ha, se dividió entre 100.

3.10.4. Cambios en la existencia de Carbono orgánico del suelo

En este nivel de referencia forestal sí se incluyen los cambios en la existencia de carbono orgánico del suelo. Para esto se tomó como insumo el Mapa Global de Carbono Orgánico del Suelo (SOC).

El Mapa Global de Carbono Orgánico del Suelo (GSOCmap) representa un esfuerzo colaborativo para evaluar y mapear el stock de carbono orgánico en el suelo (SOC) en una capa de 0 a 30 cm de profundidad. Esta herramienta fue desarrollada bajo el liderazgo de la Alianza Global por los Suelos (GSP) de la FAO, con contribuciones de más de 100 países. Es una iniciativa crucial para la cuantificación del carbono almacenado en los suelos y para apoyar los esfuerzos globales en mitigación del cambio climático, gestión sostenible del suelo y seguimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el indicador 15.3.1.

3.10.4.1. Recolección de datos

La recolección de datos para la creación del GSOCmap involucró varias fuentes de información:

- Puntos de muestreo del suelo: Se recopilieron datos de más de un millón de puntos de muestreo en todo el mundo, proporcionados por las autoridades nacionales, instituciones científicas y bases de datos internacionales como WoSIS. Cada punto de muestreo contiene información sobre propiedades físicas y químicas del suelo, incluyendo la concentración de carbono orgánico (SOC), la densidad aparente y la fracción de fragmentos gruesos.
- Covariables ambientales: Se integraron capas de datos ambientales para mejorar la capacidad predictiva del modelo. Estas covariables incluyeron factores topográficos (elevación, pendiente), climáticos (precipitación, temperatura), tipos de uso del suelo, cobertura vegetal y mapas de suelos disponibles. Estas capas fueron generadas principalmente por el Centro Internacional de Información sobre Suelos (ISRIC).
- Datos de suelos heredados: Muchos países también proporcionaron datos históricos de estudios previos de suelos, los cuales fueron revisados, estandarizados y utilizados para aumentar la densidad de puntos de muestreo en áreas donde la información reciente era limitada.

3.10.4.2. Metodología utilizada para estimar los stocks de carbono Orgánico del Suelo del mapa de FAO y cómo se utilizaron en este NRF

Metodologías de modelado

Se emplearon varios enfoques de modelado para predecir el stock de carbono orgánico del suelo en áreas no muestreadas. Los tres métodos principales aplicados fueron los siguientes:

- a) Regresión Kriging (RK):

Este método combina la regresión lineal múltiple con la kriging, una técnica geoestadística que estima valores en ubicaciones no muestreadas a partir de puntos cercanos.

Primero, se ajustó un modelo de regresión utilizando covariables ambientales (topografía, clima, uso del suelo, etc.) para predecir la variación del SOC en función de estos factores. Luego, se aplicó la kriging para modelar la estructura espacial de los residuos del modelo de regresión, lo que permitió ajustar las predicciones para reflejar las dependencias espaciales del SOC.

b) Bosques Aleatorios (RanMOM Forest):

Este es un algoritmo de aprendizaje automático que genera múltiples árboles de decisión para realizar predicciones robustas del SOC.

Cada árbol de decisión fue entrenado con diferentes combinaciones de covariables ambientales y datos de muestreo del suelo, permitiendo al modelo aprender patrones no lineales complejos. Este método es particularmente efectivo en áreas con datos altamente variables o con múltiples factores influyentes.

c) Máquinas de Soporte Vectorial (SVM):

Las SVM son otro enfoque de aprendizaje automático usado para la predicción del SOC en áreas donde la distribución de puntos de muestreo era irregular.

Esta técnica permitió ajustar modelos de alta precisión al encontrar el hiperplano óptimo que separa las diferentes clases de datos de SOC en el espacio de covariables ambientales.

Validación del modelo y análisis de incertidumbre

El proceso de validación y evaluación del modelo fue un componente crucial para garantizar la fiabilidad del GSOCmap:

- ✓ Validación cruzada: Se emplearon técnicas de validación cruzada (crossvalidation) utilizando un conjunto independiente de datos de puntos de muestreo, principalmente provenientes de la base de datos de perfiles de suelo WoSIS. Esta validación ayudó a evaluar la precisión del modelo y ajustar los parámetros de predicción.
- ✓ Análisis de incertidumbre: Se realizó un análisis exhaustivo de la incertidumbre asociado con las predicciones de SOC. Se calcularon intervalos de confianza y se crearon mapas de desviación estándar para identificar regiones donde las predicciones mostraban mayor variabilidad o incertidumbre. Las áreas con alta incertidumbre, generalmente ubicadas en zonas con baja densidad de puntos de muestreo, fueron destacadas para futuras campañas de recolección de datos.
- ✓ Comparación con productos existentes: Se comparó el GSOCmap con otros productos globales de SOC, como el mapa de carbono del SoilGrids y el HWSD (Harmonized World Soil Database). Las diferencias fueron analizadas espacialmente para identificar discrepancias y mejorar el ajuste del modelo en futuras versiones.

3.10.4.3. Reporte Metodológico para la Obtención de Datos de Carbono Orgánico de Suelo en Panamá

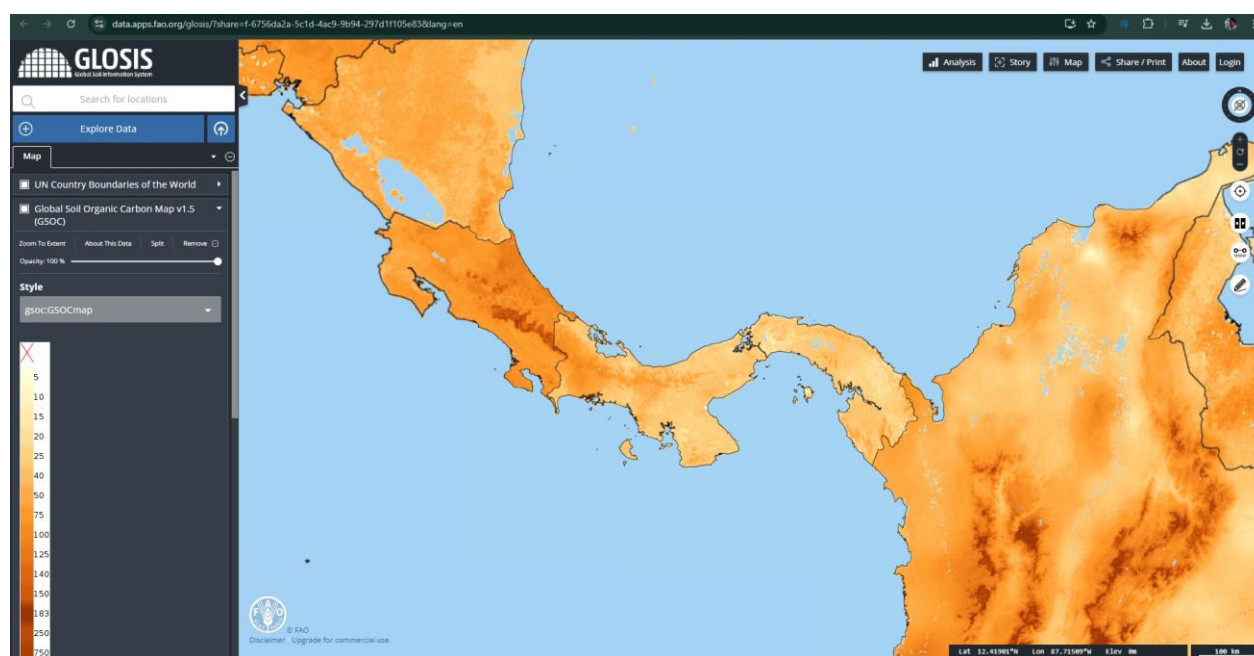
3.10.4.3.1. Objetivo del Análisis

El propósito de este análisis es calcular el promedio de carbono orgánico de suelo (SOC) para diferentes tipos de uso de suelo en Panamá, utilizando el mapa de carbono orgánico de suelo de la FAO (GSOCmap) y datos de parcelas obtenidos durante el Mapatón 2024.

3.10.4.3.2. Fuentes de Datos

- **GSOCmap de la FAO:** Mapa global de carbono orgánico de suelo, que proporciona valores estimados de SOC en la capa superficial del suelo a nivel global y es descargable en formato compatible con SIG (Sistema de Información Geográfica).

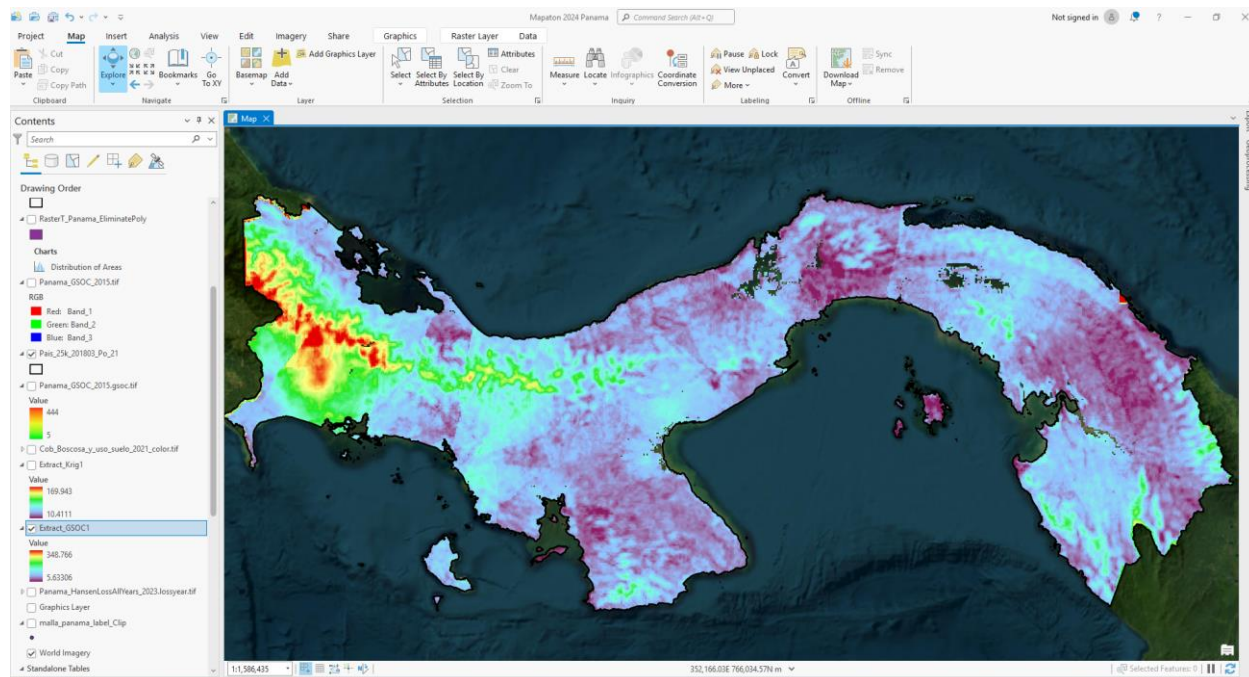
Figura 12. Vista del FSOCmap de la FAO



Fuente: FSOCmap de la FAO

- **Parcelas del Mapatón 2024:** Conjunto de 33,485 parcelas georreferenciadas en Panamá, cada una con información de tipo de uso de suelo.

Figura 13. Vista de la clasificación en Panamá



Fuente: FSOCmap de la FAO

3.10.4.3.3. Procesamiento de los Datos

A continuación, se describen los pasos seguidos para procesar los datos y obtener los promedios de SOC para cada tipo de uso de suelo:

Descarga y Preparación de Datos

1. **Descarga del GSOCmap:** Se descargó el mapa GSOCmap correspondiente al área de interés, en este caso, Panamá. Este mapa contiene datos en formato raster con valores de SOC estimados en la capa superficial del suelo.
2. **Carga en ArcGIS Pro:** Se importaron los datos de GSOCmap a ArcGIS Pro para su visualización y análisis espacial.

Asignación de Valores de SOC a las Parcelas

1. **Cargar las parcelas del Mapatón 2024:** Se importó el shapefile correspondiente a las 33,485 parcelas en ArcGIS Pro.
2. **Uso de la herramienta Extract Values to Points:** Utilizando la herramienta "Extract Values to Points" del módulo Spatial Analyst de ArcGIS, se asignó el valor de SOC de la capa raster del GSOCmap a cada una de las parcelas. Esta herramienta permite extraer el valor de SOC del raster en la ubicación exacta de cada parcela y adjuntar dicho valor como un nuevo atributo en el archivo de puntos.

Exportación y Filtrado de Resultados

1. **Exportación de datos a Excel:** Los datos resultantes, ahora con el valor de SOC asociado a cada parcela, se exportaron a Excel para su análisis.

2. **Filtrado por Tipo de Uso de Suelo:** En Excel, los datos se filtraron según el tipo de uso de suelo, lo que permitió agrupar los valores de SOC por categorías específicas de uso.

Cálculo de Promedios

1. **Cálculo de promedios:** Se calcularon los promedios de SOC para cada tipo de uso de suelo, proporcionando una estimación representativa del contenido de SOC según el uso del suelo en el área de estudio.

Para la conversión a tierras forestales, que trae como resultado un aumento de los depósitos de carbono en suelos, Panamá asume que se inicia en ausencia de carbono en tales depósitos, y que las ganancias de carbono en el suelo de las tierras convertidas en forestales se producen de manera lineal, comenzando en cero, durante un período de transición, por defecto, de 20 años. Después de los 20 años, la zona convertida ingresa en la categoría de Tierras forestales que permanecen como tales y se supone que el carbono entra en equilibrio (método de Nivel 1).

ECUACIÓN 2.24
CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO DE LOS SUELOS

$$\Delta C_{Suelos} = \Delta C_{Minerales} - L_{Orgánicos} + \Delta C_{Inorgánicos}$$

Donde:

- ΔC_{suelos} = cambio en las existencias anuales de carbono en suelos, ton C año⁻¹
- $\Delta C_{minerales}$ = cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales, ton C año⁻¹
- $L_{orgánicos}$ = pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados, ton C año⁻¹
- $\Delta C_{inorgánicos}$ = cambio anual en las existencias de carbono inorgánico de los suelos, ton C año⁻¹ (se supone como 0 a menos que se emplee un método de Nivel 3).

El valor por defecto del Nivel 1 es de 20 años para los incrementos de existencias de carbono y de 1 año para las pérdidas de carbono.

Panamá asume que todos los suelos son minerales. Las estimaciones de los cambios en las existencias de carbono de Panamá en suelos minerales se realizan con base en la ecuación 2.25 de las directrices del IPCC 2006.

ECUACIÓN 2.25
CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS MINERALES

$$\Delta C_{Minerales} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF_{c,s,i}} \cdot F_{LU_{c,s,i}} \cdot F_{MG_{c,s,i}} \cdot F_{I_{c,s,i}} \cdot A_{c,s,i})$$

(Nota: En esta ecuación, se utiliza T en lugar de D cuando T es ≥ 20 años, véase la nota al pie)

Donde:

$\Delta C_{\text{minerales}}$ = cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales, ton C año⁻¹

SOC_0 = existencias de SOC en el último año de un período de inventario, t C

$SOC_{(0-T)}$ = existencias de SOC al comienzo de un período de inventario, t C

SOC_0 y $SOC_{(0-T)}$ = se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de C según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)

T = cantidad de años de un período de inventario dado, año

D = dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año. Habitualmente 20 años, pero depende de las hipótesis que se apliquen en el cálculo de los factores FLU, FMG y FI. Si T es mayor que D , úsese el valor de T para obtener la tasa anual de cambio durante el tiempo de inventario (0 - T años).

3.11. Control de Calidad de los cálculos de emisiones y remociones de CO₂ eq.

El proceso de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) para los cálculos finales se llevó a cabo de manera rigurosa para garantizar la precisión y consistencia de los resultados. Este proceso incluyó la verificación exhaustiva del uso correcto de las fórmulas establecidas en las guías del IPCC 2006, asegurando que se aplicaran de acuerdo con los lineamientos metodológicos y las mejores prácticas según las guías del IPCC. Adicionalmente, se revisó cuidadosamente la correcta aplicación de los valores de emisiones y remociones, asegurándose de que estos correspondieran a las condiciones específicas del contexto nacional. Para reforzar la confiabilidad de los cálculos, una segunda parte independiente, con experiencia comprobada en procesos de este tipo, realizó una auditoría técnica detallada. Esta doble revisión permitió identificar y corregir cualquier discrepancia o error potencial, asegurando así la calidad y la robustez de los resultados finales.

4. SECCIÓN 4. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE DATOS DE ACTIVIDAD-USOS Y CAMBIOS DE USO DE LA TIERRA

Los resultados del proceso de levantamiento de datos de actividad geoespacial denominado "MAPATON", realizado en el año 2024 dan origen a las matrices de Uso y Cambios de uso de la Tierra, que pueden encontrarse en la pestaña "Matrice_LUC_Pert" en el archivo Excel con los cálculos para este nuevo nivel de referencia forestal.

Figura 14. Resultados de datos de actividad para años 2015-2016

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT) Vertical: Uso Inicial Horizontal: Uso Final												Año		
	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque Secundario	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos Permanentes	Pastizales, Pasto	Pastizales, Rastrojos	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES	2015-2016
Tierras forestales, Bosque Maduro	2,787,629					1,575		6,974						2,796,628
Tierras forestales, Bosque Secundario		1,585,476				2,250		6,524						1,594,249
Tierras forestales, Manglar			197,510											197,510
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)				72,885				450						73,335
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)					11,023									11,023
Tierras agrícolas, Cultivos anuales						285,692			225					285,916
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes							39,142							39,142
Pastizales, Pasto							675	1,662,410	6,749					1,670,508
Pastizales, Rastrojos			10,573				450	1,575	460,706					473,753
Humedales										178,388				178,388
Asentamientos											188,961			188,961
Otras tierras												23,170		23,170
TOTALES	2,787,629	1,596,048	197,510	72,885	11,023	290,641	39,367	1,677,932	467,679	178,388	190,311	23,170		7,532,583.4

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Figura 15. Resultados de datos de actividad para años 2016-2017

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT) Vertical: Uso Inicial Horizontal: Uso Final												Año		
	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque Secundario	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos Permanentes	Pastizales, Pasto	Pastizales, Rastrojos	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES	2016-2017
Tierras forestales, Bosque Maduro	2,780,431					675		6,299				225		2,787,629
Tierras forestales, Bosque Secundario		1,583,451				2,474		9,448				675		1,596,048
Tierras forestales, Manglar			197,510											197,510
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)				72,885										72,885
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)					11,023									11,023
Tierras agrícolas, Cultivos anuales						290,191		225	225					290,641
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes							39,367							39,367
Pastizales, Pasto						675	450	1,665,559	9,898			1,350		1,677,932
Pastizales, Rastrojos			11,248			675	225	675	454,632			225		467,679
Humedales										178,388				178,388
Asentamientos											190,311			190,311
Otras tierras												23,170		23,170
TOTALES	2,780,431	1,594,698	197,510	72,885	11,023	294,690	40,042	1,682,206	464,755	178,388	192,786	23,170		7,532,583.4

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Figura 16. Resultados de datos de actividad para años 2017-2018

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT) Vertical: Uso Inicial Horizontal: Uso Final											Año		
	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque Secundario	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos Permanentes	Pastizales, Pasto	Pastizales, Rastrojos	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES
Tierras forestales, Bosque Maduro	2,774,807					1,125		3,599			900		2,780,431
Tierras forestales, Bosque Secundario		1,582,551				1,800		10,123			225		1,594,699
Tierras forestales, Manglar			197,285					225					197,510
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)				72,885									72,885
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)					11,023								11,023
Tierras agrícolas, Cultivos anuales						294,690							294,690
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes							40,042						40,042
Pastizales, Pasto						675	225	1,672,533	8,098		675		1,682,206
Pastizales, Rastrojos		9,898				1,125		2,699	450,808		225		464,755
Humedales										178,388			178,388
Asentamientos											192,786		192,786
Otras tierras			225									22,945	23,170
TOTALES	2,774,807	1,592,449	197,510	72,885	11,023	299,414	40,267	1,689,178	458,906	178,388	194,810	23,945	7,532,583.4

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Figura 17. Resultados de datos de actividad para años 2018-2019

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT) Vertical: Uso Inicial Horizontal: Uso Final											Año		
	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque Secundario	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos Permanentes	Pastizales, Pasto	Pastizales, Rastrojos	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES
Tierras forestales, Bosque Maduro	2,766,934					1,575		5,849			450		2,774,807
Tierras forestales, Bosque Secundario		1,576,252				4,499		11,473			225		1,592,449
Tierras forestales, Manglar			197,285									225	197,510
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)				72,885									72,885
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)					10,798			225					11,023
Tierras agrícolas, Cultivos anuales						299,189			225				299,414
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes							40,267						40,267
Pastizales, Pasto						675	225	1,682,656	5,174		450		1,689,178
Pastizales, Rastrojos		9,223				450		2,924	446,084		225		458,906
Humedales										178,388			178,388
Asentamientos											194,810		194,810
Otras tierras												22,945	22,945
TOTALES	2,766,934	1,585,476	197,285	72,885	10,798	306,387	40,492	1,703,126	451,483	178,388	196,160	23,170	7,532,583.4

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Figura 18. Resultados de datos de actividad para años 2019-2020

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT) Vertical: Uso Inicial Horizontal: Uso Final											Año			
	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque Secundario	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos Permanentes	Pastizales, Pasto	Pastizales, Rastrojos	Humedales		Asentamientos	Otras Tierras	TOTALES
Tierras forestales, Bosque Maduro	2,760,410													2,766,934
Tierras forestales, Bosque Secundario		1,572,203												1,585,476
Tierras forestales, Manglar			197,060											197,285
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)				72,660										72,885
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)					10,798									10,798
Tierras agrícolas, Cultivos anuales						1,800								1,800
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes							40,492							40,492
Pastizales, Pasto								1,693,903	7,423					1,703,126
Pastizales, Rastrojos								225	225					451,483
Humedales										178,388				178,388
Asentamientos											195,935			196,160
Otras tierras												23,170		23,170
TOTALES	2,760,410	1,581,201	197,060	72,660	10,798	312,011	41,167	1,710,325	448,558	178,388	196,835	23,170	7,532,583.4	

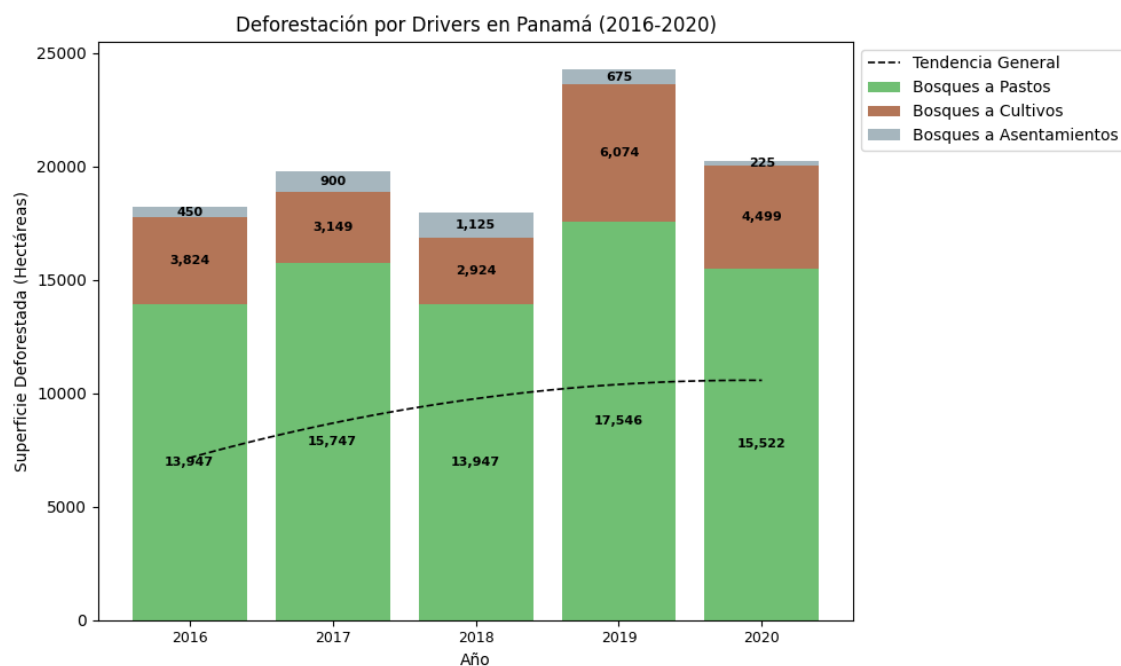
Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

4.2. RESULTADOS DE EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI POR ACTIVIDAD

4.2.1. 'Drivers' de cambios de uso de la tierra

Según los análisis de los cálculos de emisiones y absorciones de CO₂ los drivers de Cambios de uso de la tierra en Panamá son los siguientes:

Figura 19. Datos provenientes de las matrices de UTCUTS 2016-2020



Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Como se puede observar en la gráfica (Figura 19), y al igual que se presentó en el nivel de referencia anterior (2022), el principal motor de la deforestación en Panamá son las tierras forestales que se transforman a pastizales (F>G). Esto obedece a la expansión ganadera que se ha dado en las diferentes provincias de Panamá en los últimos años.

Los rastrojos, tal como mencionamos en secciones anteriores, son ahora clasificados como pastizales, por lo que las tierras forestales que se pierden implican bosques secundarios y bosques maduros.

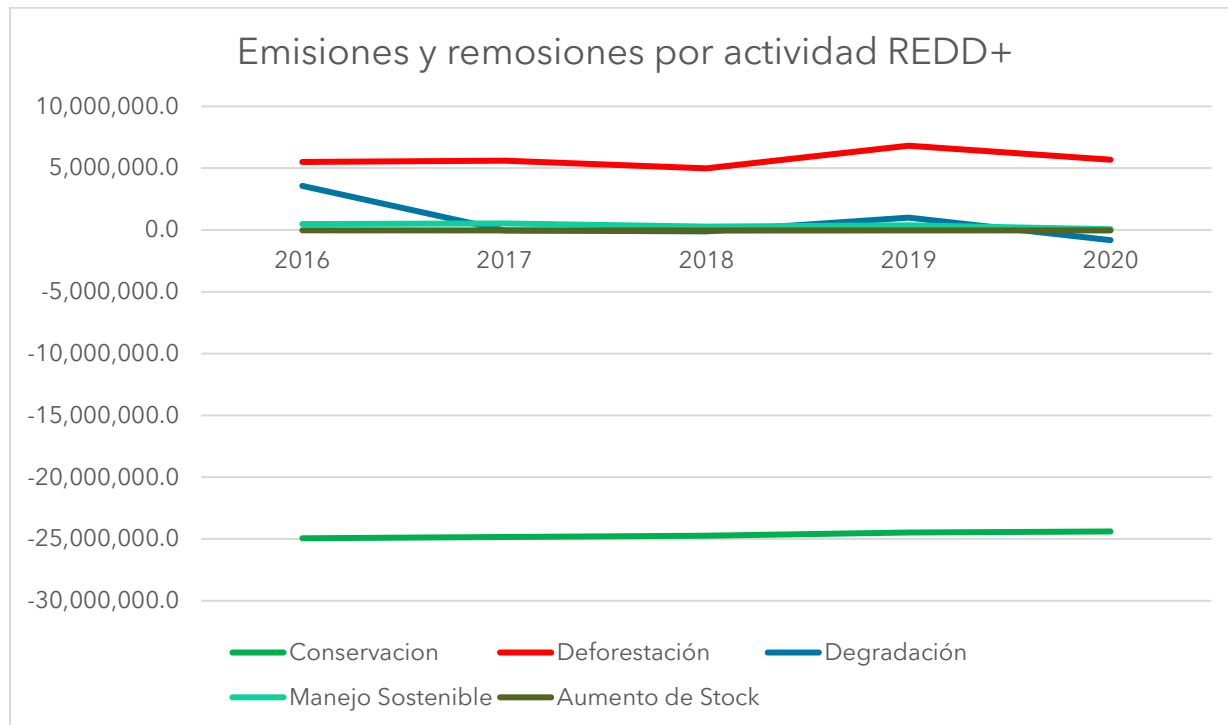
La segunda causa de conversión son los bosques que se convierten en tierras de cultivos. El año 2019 registra un aumento de tierras de bosques que pasan a ser cultivos y pastos. A partir de finales de 2019, se estableció un instrumento normativo donde se adoptan medidas de regulación sobre el aprovechamiento forestal a nivel nacional (Resolución No. DM-0395-2019). En dicha resolución se suspenden provisionalmente el otorgamiento de permisos especiales de aprovechamiento forestal con carácter de subsistencia y sus modalidades, permisos comunitarios de aprovechamiento forestal, y concesiones de aprovechamiento forestal en bosques naturales. Inicialmente se planeó que fuese por el término de un año, sin embargo, esta moratoria ha durado desde septiembre de 2019 hasta 2024. Se puede observar en la gráfica, cómo al siguiente año analizado (2019-2020) las conversiones de bosques son menores.

El tercer factor clave que se observa en el análisis son las conversiones de bosques a tierras destinadas a asentamientos humanos. Este fenómeno ha tenido su pico máximo de conversión en el período 2017-2018, con un aumento notable en la expansión de áreas urbanas hacia zonas boscosas. Estas conversiones se producen principalmente en las áreas periurbanas, donde los bosques originales se ven sometidos a la presión del desarrollo urbano. Durante este periodo vemos principalmente el desarrollo de proyectos viales como la expansión de la carretera panamericana en Arraiján (8 carriles), así como el desarrollo de viviendas y la mina de cobre en Donoso.

4.2.2. Emisiones y absorciones por actividades REDD+

A continuación, se presentarán las emisiones y absorciones por actividad REDD+:

Figura 20. Emisiones y absorciones por actividad REDD+



Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Como podemos apreciar en la Figura 20 la actividad de deforestación tiene la mayor cantidad de emisiones de CO₂ equivalentes siendo el periodo 2018-2019 con 6,815,893.75 ton de CO₂. Después viene la actividad de degradación forestal con 3,567,459.91 ton de CO₂ para el periodo 2015-2016, siendo este año con más emisiones por degradación forestal. En cuanto a la actividad de manejo sostenible, para el periodo 2016-2017 se reportó unas emisiones de 527,166.43 ton de CO₂. En 2016, Panamá experimentó un aumento significativo en las emisiones por degradación forestal, atribuido principalmente a los incendios forestales inusuales provocados por el fenómeno de El Niño. Este evento climático generó condiciones extremas de sequía y altas temperaturas, las cuales incrementaron la susceptibilidad de los bosques a incendios. La degradación forestal resultante, entendida como la pérdida parcial de cobertura y biomasa sin cambiar el uso del suelo, liberó grandes cantidades de carbono almacenado en los árboles, agravando las emisiones de gases de efecto invernadero por degradación forestal.

Tabla de resultados por Categorías

A continuación, presentaremos una tabla más detallada que muestre las emisiones y remociones por categorías de la cual se deriva nuestro Nivel de Referencia forestal 2016-2020.

Figura 21. Emisiones y remociones por categorías NRF 2016-2020

Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

Durante el período 2016-2020, los cambios en los stocks de carbono relacionados con los diferentes usos del suelo presentan un patrón detallado. A continuación, se describen las categorías principales:

1. Tierras forestales que permanecen como tal (sin disturbios)

Esta categoría incluye tierras forestales que no experimentaron disturbios.

Contribuyeron al almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y subterránea, así como en la materia orgánica muerta y el carbono del suelo, manteniéndose como un componente estable dentro del balance general de carbono.

2. Tierras forestales que permanecen como tal (con disturbios)

Esta categoría incluye las emisiones derivadas de disturbios en tierras forestales:

2.1 Tala (F > F): Las emisiones asociadas a la tala presentaron valores consistentes a lo largo de los años, generando una contribución regular al total.

2.2 Fuego (F > F): Las emisiones provenientes de incendios forestales representaron una fracción menor en comparación con la tala, pero aún significativas dentro del contexto del balance general.

2.3 Remoción de biomasa (cosecha): Este tipo de disturbio aportó emisiones relacionadas con actividades de extracción de biomasa, siendo monitoreadas por su impacto en las reservas de carbono.

3. Conversión de tierras

Esta categoría abarca cambios en el uso del suelo, destacándose las siguientes subcategorías:

3.1 Bosques a pastos (F > G):

Este tipo de conversión fue una de las mayores fuentes de emisiones, con un promedio anual de 4.3 millones de toneladas de CO₂ eq. durante el período 2016-2020.

3.2 Bosques a cultivos (F > C):

Este cambio también generó emisiones significativas, aunque generalmente menores que las observadas en la conversión de bosques a pastos.

3.3 Otros cambios (F > W o F > S):

Las conversiones a humedales (F > W) o hacia asentamientos (> S) representaron una fracción pequeña, pero forman parte integral del balance general de carbono.

4. Tendencias generales del balance de carbono

El balance entre las emisiones y las absorciones para todas las categorías durante el período 2016-2020 promedió el valor de **-17,940,747.02 de toneladas de CO₂e por año**.

Los valores reflejan la interacción de los disturbios en tierras forestales y las conversiones de uso del suelo, siendo los cambios de bosques a pastos una de las mayores contribuciones a las emisiones. Para mayor detalle se puede consultar esta tabla en la hoja de cálculo en la pestaña denominada "RESULTADOS NRF (tCO₂eq)"

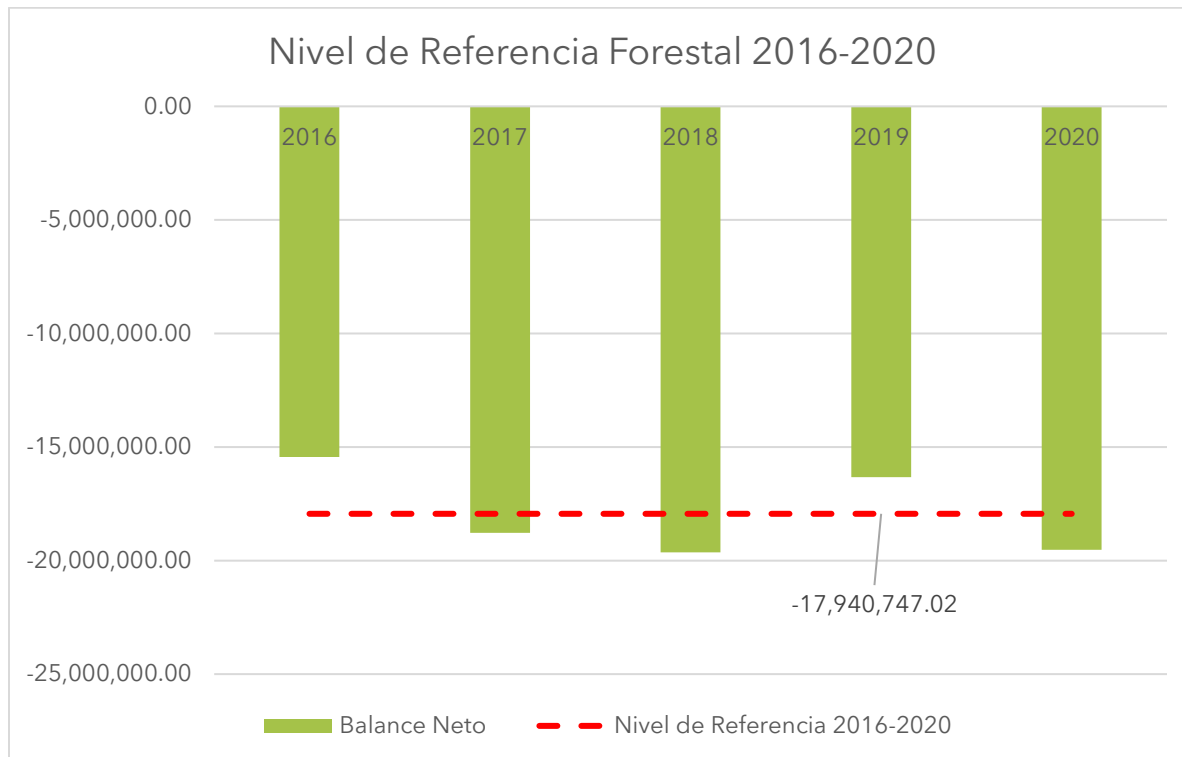
4.2.3. Nivel de Referencia Forestal (NRF)

El nivel de referencia de Panamá fue establecido utilizando el enfoque de la media histórica, basándose en los datos disponibles entre 2016 y 2020 (un período de cinco años). Tal como se mencionó previamente, las emisiones y absorciones de CO₂ fueron desglosadas según las actividades REDD+, con el fin de proporcionar información más detallada a las diversas iniciativas implementadas en Panamá y permitir la evaluación del desempeño de cada una de las actividades REDD+.

Como resultado de dicho análisis el **Nivel de Referencia Forestal de Panamá es de**

-17,940,747.02 ton CO₂ eq. Este NRF pretende ser una referencia para reportar potenciales resultados que se tengan del 2021 en adelante. Estos serán reportados en los próximos Anexos Técnicos de Panamá que se presente ante la CMNUCC.

Figura 22. Nivel de Referencia Forestal en toneladas de CO₂ equivalente



Fuente: MIAMBIENTE 2025. Elaboración propia por el departamento de Mitigación al Cambio Climático. Dirección de Cambio Climático.

De requerir mayor detalle e información, se debe remitir a la base de datos de MS Excel, denominada "[FRL Panama 2016 2020 F](#)". En esta sección solo se muestran resultados puntuales del Nivel de Referencia debido a que los cálculos son muy extensos. La base de datos fue creada especialmente para dar transparencia al Nivel de Referencia Forestal de Panamá, en la cual pueden consultarse todos los cálculos, el uso de las ecuaciones y los estimados que resultan en los valores propuestos.

5. SECCIÓN 5: PLAN DE MEJORA

- 1) Estadísticas de aprovechamiento de madera:** Para mejorar la recolección de datos sobre el aprovechamiento de madera en Panamá, se propone recomendar a la Dirección Forestal que, dentro de los registros estadísticos existentes, se incluya de manera obligatoria la georreferenciación de los árboles aprovechados. Esta recomendación busca establecer las bases para una trazabilidad más precisa, utilizando dispositivos GPS en campo para capturar las coordenadas exactas de cada árbol extraído. Estos datos se integrarían a los registros actuales, junto con información adicional como especie, diámetro, altura y volumen estimado. La implementación de esta medida requeriría la capacitación básica del personal técnico y operadores en el uso de dispositivos GPS y en la importancia de registrar datos georreferenciados de manera estandarizada. Además, se sugiere establecer lineamientos claros para garantizar la uniformidad y calidad de los datos, así como realizar auditorías periódicas para verificar su correcta aplicación.

Este enfoque no implica un desarrollo tecnológico inmediato, pero sienta las bases para una futura integración de los datos recolectados en sistemas de monitoreo como LUA app. Condicionado a la disposición de presupuestos, se podrían considerar inversiones en equipos GPS básicos y programas de formación, asegurando que los registros estadísticos forestales estén alineados con las necesidades actuales de trazabilidad y sostenibilidad.

- 2) Incendios forestales y extracción de leña:** En este apartado aun no contamos con mejoras sustanciales desde el 2018. Se pretende realizar acercamientos con DIVEDA para realizar una metodología de monitoreo de incendios forestales mediante sensores remotos para mejorar la transparencia y exactitud. En cuanto a los datos de extracción leña se está trabajando con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC) para incluir algunas preguntas sobre extracción de leña en el Censo Agropecuario.
- 3) Carbono Azul:** Debido a que Panamá incluyo en sus CDN el tópico de Carbono Azul, Panamá buscará realizar todas consultas y consensos para poder incluir la cuantificación por separados de los humedales (manglares) en las próximas mejoras de su Niveles de Referencia Forestal. Se pretenden hacer análisis de tasas de acumulación en manglares, revisar literatura científica y recopilar algunas iniciativas que están iniciando este año en medición de carbono orgánico del suelo en manglares, además de tratar de armonizar estudios desarrollados en el 2016 en un área piloto en Panamá.
- 4) Inventario Forestal y de Carbono (INFC):** Se pretende, en la medida de lo posible y dependiendo de la disponibilidad de recursos financieros, continuar con la remediación del inventario forestal de carbono. Este esfuerzo permitirá actualizar y fortalecer los datos relacionados con las existencias de carbono, mejorando la precisión de las estimaciones de emisiones y absorciones en los diferentes usos de suelo. Además, garantizará la sostenibilidad del monitoreo forestal a largo plazo.

REFERENCIAS

ANAM (2009). Autoridad Nacional del Ambiente. Atlas de las tierras secas y degradadas de Panamá. Disponible en: https://edo.jrc.ec.europa.eu/gisdata/scado/land_degradation/pa/ATLAS_DESERTIFICACION.pdf

ANAM. (2010). Autoridad Nacional del Ambiente. Programa conjunto de las naciones unidas para la reducción de emisiones provenientes de deforestación y de degradación de los bosques en Panamá (UNREDD). Documento de programa conjunto.

ANAM (2014). Autoridad Nacional del Ambiente Quinto informe nacional de Biodiversidad de Panamá ante el convenio sobre diversidad biológica.

Arosemena M. (2020). Universidad de Panamá. Las áreas protegidas de Panamá. Disponible en: <https://storymaps.arcgis.com/stories/41f1a8b016764354baa49a89ce06b5a8>

Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H. & Baumgardner, G.A (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111(1): 1-11.

Chave J, Condit R, Lao S, Caspersen JP, Foster RB, Hubbell SP. (2003). Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forest: results from a large census plot in Panama. *J Ecol. Journal of Ecology*. 91. 240 - 252.

Chave J., Réjou-Méchain M., Búrquez A., Chidumayo E., Colgan M. S., Delitti W., Duque A., Eid T., Fearnside P. M., Rosa C. Goodman., Henry M., Martínez A., -Yrizar, Mugasha W. A., Muller-Landau H. C., Mencuccini M., Nelson B. W., Ngomanda A., Nogueira E. M., Ortiz-Malavassi E., Pélissier R., Ploton P., Ryan C. M., Saldarriaga J. G., Vieilledent G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology* (2014) 20, 3177-3190.

Gobierno de Panamá - NDC. (2016) Contribución Nacionalmente Determinada a la Mitigación del cambio climático (NDC) de la república de Panamá ante la CMNUCC.

Goodman R. C., Phillips O. L, Castillo Torres D., Freitas L., Tapia Cortese S., Monteagudo A, Baker T. R. (2013). Amazon palm biomass and allometry. *Forest Ecology and Management*, 310: 994-1004

GWP-CA (2011). Situación de los recursos hídricos en Centroamérica: Hacia una gestión integrada. Honduras. Disponible en: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpcam_files/situaciondelosrecursosohidricos.pdf

INEC (2019). Panamá en cifras 2014-18. Contraloría General de la República. Panamá. Disponible en: https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=990&ID_CATEGORIA=17&ID_SUBCATEGORIA=45

IPCC. (2006). Volumen 1, Capítulo 4: Opción metodológica e identificación de categorías principales. En: Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Jiménez, A. 2016. Inventario Nacional Forestal y de Carbono - Panamá: Distribución de muestras adicionales para la primera mensura del Inventario Nacional Forestal y de Carbono. Documento de trabajo. Panamá, Ministerio de Ambiente.

Lister, A., Scott, C. T., (2009). Use of space-filling curves to select sample locations in natural resource monitoring studies. *Environmental Monitoring and Assessment*. 149: 71-80. Disponible en: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/13672>

Lister A., (2020). Plots, pixels, and patches: The methods and implications of measuring landcover class area with plot-based sampling. *Research Forester, Northern FIA Unit*. Presentación power point. Disponible en: https://www.dropbox.com/scl/fi/sxrhsj7r7ijlp12u9b8ml/Lister_IALE2021_pointInterpb.pptx?dl=0&rlkey=hpbwlk9ohl42ylwys0eicsqj6

Martin A.R., Thomas S.C. (2011) A Reassessment of Carbon Content in Tropical Trees. *PLoS ONE* 6(8): e23533. doi:10.1371/journal.pone.0023533

MiAMBIENTE. (2015). Dirección Forestal, Ministerio de Ambiente. Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá.

MiAMBIENTE. (2018). Ministerio de Ambiente. Estrategia y Plan de Acción Nacional de Biodiversidad 2018-2050. Disponible en: <https://www.miambiente.gob.pa/biblioteca-virtual/#>

MiAMBIENTE. (2019a). Ministerio de Ambiente. Estrategia Nacional Forestal Disponible en: <https://www.miambiente.gob.pa/biblioteca-virtual/#>

MiAMBIENTE (2019b). Ministerio de Ambiente. Diagnóstico sobre la Cobertura de Bosques y otras Tierras Boscosas de Panamá, 2019. Disponible en: <https://www.miambiente.gob.pa/biblioteca-virtual/#>

MiAMBIENTE (2020a). Dirección Forestal, Ministerio de Ambiente. Programa Nacional de Restauración Forestal. Disponible en: <https://www.miambiente.gob.pa/biblioteca-virtual/#>

MIAMBIENTE (2020b). Departamento de Mitigación. Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente. Informe de la ejecución de la cuadrícula para la estimación de los DA geospaciales para la estimación de GEI del sector UTCUTS. Disponible en: https://www.dropbox.com/s/rjzpzho8igz8jj/Producto3.%20Proceso2224_PNUD_2019.pdf?dl=0

MIAMBIENTE (2020c). Departamento de Mitigación. Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente. Metodología para construcción de estratos. Disponible en:

<https://www.dropbox.com/scl/fi/7lisiooe0xii8gyjb8rjc/Metodolog-a-de-construcci-n-de-estratos.docx?dl=0&rlkey=xmvm8kig10oenyx1zke8jor4>

MiAMBIENTE. (2021a). Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente. Segundo Informe Bienal De Actualización. Disponible en: <https://www.miambiente.gob.pa/biblioteca-virtual/#>

MiAMBIENTE. (2021b). Dirección de Cambio Climático/Dirección de Información Ambiental, Ministerio de Ambiente. Protocolo de interpretación de imágenes satelitales para la realización del Mapatón 2021 con CEO. Disponible en:

<https://www.dropbox.com/s/mfy3qmmn9lu5zow/Protocolo%20para%20la%20interpretaci%C3%B3n%20de%20unidades%20de%20muestreo%20con%20im%C3%A1genes%20de%20sat%C3%A9lites%20utilizando%20la%20plataforma%20Collect%20Earth%20Online.pdf?dl=0>

MiAMBIENTE (2021c). Dirección de Información Ambiental/ Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente. Protocolo para la interpretación de unidades de muestreo con imágenes de satélites utilizando la plataforma Collect Earth Online (CEO).

MiAMBIENTE (2021d) Dirección Forestal, Ministerio de Ambiente. Cobertura de bosque nacional - Mapa 2012 (no publicado).

MIAMBIENTE (2021e). Departamento de Mitigación. Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente. Matrices de cambio de usos de la tierra para los años 1990-2020 y propuesta de protocolo para el cálculo del error de interpretación y de clasificación de usos de la tierra obtenidos para el Mapatón 2021". Disponible en:

https://www.dropbox.com/scl/fi/uwv58bv43nnbvoogeiccp/Producto1.3865_PAN2021V1.docx?dl=0&rlkey=sr0q1do90u5i237b55hznk9ly

MINSA (2019). Ministerio de Salud. Boletín Estadístico Anuario 2018. Disponible en: http://minsa.b-cdn.net/sites/default/files/publicacion-general/boletin_-_2018.pdf

Murillo, Rafael, Alvarado, Alfredo, & Verjans, Jean Mark. (2015). Concentración y acumulación de nutrimentos en la biomasa aérea de plantaciones de teca de 3 a 18 años en la cuenca del Canal de Panamá. *Agronomía Costarricense*, 39(Suppl. 1), 117-136. Retrieved November 18, 2024, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242015000300117&lng=en&tlng=es.

Pittí, A., Gaudin, Y. y Hess, S. (2021). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) "Caracterización de los espacios rurales en Panamá a partir de estadísticas nacionales: enfoque social, económico y demográfico", Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/40; LC/MEX/TS.2021/6).

Schnitzer S., DeWalt S., Y Chave J. (2006). Censusing and Measuring Lianas: A Quantitative Comparison of the Common Methods1. *Biotropica*. 38. 581 - 591.

Suárez-Parra, K. V., Cély-Reyes, G. E., & Forero-Ulloa, F. E. (2016). Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espacio-temporal de coberturas: caso microcuenca de la quebrada Mecha (Cómbita, Boyacá), Colombia. *Biota Colombiana*, 17(1). Disponible en:
<https://doi.org/10.21068/C2016v17r01a01>

Tejeira R. (2016). La capacidad agrológica de los suelos de Panamá. Disponible en:
<http://capacidadagrolologica.blogspot.com/2016/>

Tiepolo, G., Calmon, M. & Feretti, A.R. (2002). Measuring and Monitoring Carbon Stocks at the Guaraqueçaba Climate Action Project, Paraná, Brazil. In: International Symposium on Forest Carbon Sequestration and Monitoring. Extension Serie Taiwan Forestry Research Institute 153:98-115

Van Wagner, C. E. (1968) The Line Intersect Method in Forest Fuel Sampling, *Forest Science*, Volume 14, Issue 1, Pages 20-26. Disponible en:
<https://doi.org/10.1093/forestscience/14.1.20>

GFOI, 2014

carpeta 6. Referencias Bibliográficas, Ayuda SIBP2

Veregin 1989, Nishii and Tanaka 1999

Comber et al. (2012),

Herrera, C. 2020. Informe de consultoría - MiAMBIENTE/PNUD-Panamá

Cochran, William G. 1977. *Sampling Techniques*. New York: John Wiley & Sons. 428.

Olofsson, P., Foody, G. M., Stehman, S. V., & Woodcock, C. E. 2013. Making better use of accuracy data in land change studies: Estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation. *Remote Sensing of Environment*, 129:122-131.

Saah, D., Johnson, G., Ashmall, B., Tondapu, G., Tenneson, K., Patterson, M., et al. 2019. Collect Earth: an online tool for systematic reference data collection in land cover and use applications. *Environ. Model. Softw* 118, 166-171. doi: 10.1016/j.envsoft.2019.05.00

ANEXOS

Anexo 1. Protocolo de fotointerpretación_MAPATON 1_LUA

Anexo 2. Concentración y acumulación de nutrimentos en la biomasa aérea de plantaciones de teca de 3 a 18 años en la cuenca del Canal de Panamá

Anexo3. Informe técnico detallado sobre la creación del Mapa Global de Carbono Orgánico del Suelo.

Anexo 4. Para calcular la biomasa de un manglar a los 5 años.

Anexo 5. Reporte Metodológico del Proceso de Control de Calidad de Datos de Actividad.

Anexo 6. Análisis Técnico del Cálculo de Biomasa Seca Total de Teca_v3.

Anexo 7. Tasa de Crecimiento de Bosques maduros y Bibliografías Locales.

Anexo 8. Análisis de Doble Contabilidad de Emisiones en el Contexto de Monitoreo Forestal en Panamá.

Anexo 9. Metodología para la estimación de la Tasa de crecimiento de los Manglares en Panamá

Anexo 10. Proceso para la estimación de Gw para manglar.

Anexo11. Estimación Paso a Paso para Determinar la Biomasa Aérea en el Momento de la Transición de Rastrojo a Bosque Secundario Joven

Anexo 12. Puntos para la estratificación de INFC