REPÚBLICA DE PANAMÁ
GOBIERNO NACIONAL

MINISTERIO DE AMBIENTE

Nivel de Referencia Forestal de Panamá

Con la asistencia técnica de:

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Nivel de Referencia Forestal de Panamá

Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE)
Milcíades Concepción - Ministro de Ambiente
Diana Laguna - Viceministra de Ambiente
Ligia Castro - Asesora del Ministro y Directora de Cambio Climático
Víctor Cadavid - Director Forestal

Equipo técnico de MiAMBIENTE
Yoisy Belén Castillo - Jefa del Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático
Genoveva Quintero - Coordinadora de Proyecto PREMAREF, Dirección de Cambio Climático
Marcial Arias - Coordinador Técnico del NRF, Dirección de Cambio Climático
Verónica González - Analista de Cambio Climático, Dirección de Cambio Climático
Isaías Martínez - Analista de Cambio Climático, Dirección de Cambio Climático
Yusseff Domínguez - Analista de Cambio Climático, Dirección de Cambio Climático
Eric Rodriguez - Ingeniero Forestal, Dirección Nacional Forestal
Raúl Gutiérrez - Ingeniero Forestal, Dirección de Cambio Climático

Apoyo técnico
María Ruíz - Experta en REDD+, FAO
Isis Pinto - Coordinadora de Proyecto PREMAREF, FAO
José Michel Fuentes - Consultor Internacional, FAO
Omar Rodríguez - Consultor Nacional, FAO
Karina Tijomirov - Especialista en Comunicación, FAO

El presente documento ha sido elaborado en el marco del proyecto "Preparación de marcos estratégicos y financiamiento climático para reducir la deforestación y la degradación de los bosques, y guiar la inversión del Fondo Verde para el Clima, en Panamá (PREMAREF)". Este proyecto es financiado por el Fondo Verde para el Clima (FVC), e implementado por la FAO, 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 la FAO o del FVC.

Cómo citar este documento: MiAMBIENTE, 2022. Nivel de Referencia Forestal de Panamá, 101 páginas.

Fotografía de portada: ©Shutterstock/Robin Runck

PANAMÁ TRANSFÓRMATE
Un llamado a la acción climática

AGRADECIMIENTOS

Para la elaboración de este documento se contó con el apoyo económico del Fondo Verde del Clima (FVC) a través de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) a partir del proyecto “Preparación de marcos estratégicos y financiamiento climático para reducir la deforestación y la degradación de los bosques y guiar la inversión del Fondo Verde del Clima en Panamá”.

Panamá agradece el apoyo brindado por la FAO en la actualización del Nivel de Referencia Forestal, el cual es un hito alcanzado, muy importante para entender la dinámica de los bosques. De igual forma, agradece la contribución de la Dirección de Información Ambiental (DIAM) del MiAMBIENTE, lo cual permitió contar con el apoyo de expertos para lograr los objetivos presentados en este informe.

De igual manera, agradece a los donantes del Fondo Verde del Clima, el cual es una instancia voluntaria y multilateral que apoya financieramente a la República de Panamá para avanzar en REDD+.

ÍNDICE

TABLAS Y FIGURAS 6

ABREVIATURAS 8

Presentación oficial del Nivel de Referencia Forestal (NRF) 9

1. DETALLES SOBRE CIRCUNSTANCIAS NACIONALES ***10***

2. DESCRIPCIÓN DE POLÍTICAS Y ACCIONES DE MITIGACIÓN ***13***

2.1. Arreglos institucionales 13

2.2. Legislación 17

2.3. Consistencia con el inventario nacional de GEI 20

2.4. Mejoras implementadas con respecto al NRF anterior 21

3. ESCALA ***23***

4. DEFINICIÓN DE BOSQUE ***24***

5. CATEGORÍAS DEL USO DE LAS TIERRAS SEGÚN EL IPCC ***25***

5.1. Esquema de clasificación de usos de la tierra 25

5.2. Recategorización para el Nivel de Referencia Forestal (NRF) 31

6. ACTIVIDADES REDD+ ***32***

7. RECOPILACIÓN DE DATOS ***37***

7.1. Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá (INFC) 37

7.1.1. Diseño de muestreo 38

7.1.2. Mediciones en la unidad de muestreo 40

7.1.3. Reservorios de carbono considerados en el INFC 41

7.2. Datos de actividad-usos y cambios de uso de la tierra 42

7.2.1. Diseño de muestreo de los datos de actividad 42

7.2.2. Diseño de la muestra 45

7.2.3. Colecta de datos 47

8. PROCESAMIENTO DE DATOS ***51***

8.1. Procesamiento de datos del inventario nacional forestal y de carbono de panamá, resultados del levantamiento de información 2013-2018 (INCF) 51

8.1.1. Métodos de Estimación para Factores de Emisión 51

8.1.2. Biomasa aérea 52

8.1.3. Biomasa subterránea 54

8.1.4. Estimación del carbono en la biomasa 54

8.1.5. Carbono en madera muerta – tocones 54
8.1.6. Carbono en madera muerta caída 55
8.1.7. Carbono en hojarasca 56
8.1.8. Estimación del error de muestreo 57
8.1.9. Aplicación de factores de expansión 58
8.2. Procesamiento de datos del Mapatón para la estimación de áreas (DA) 58
9. RESULTADOS 61
9.1. Resultados del inventario nacional forestal y de carbono de panamá, levantamiento de información 2013-2018 (INCF) 61
9.2. Resultados de datos de actividad-usos y cambios de uso de la tierra 61
9.3. Control de calidad 70
9.3.1. Control de calidad del inventario nacional forestal y de carbono de panamá (INFC) 70
9.3.2. Giras de validación de campo del Mapatón 2021 70
10. ESTIMACIONES DE EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI 75
10.1. Cambio en las existencias de carbono de la biomasa (biomasa aérea y subterránea) 75
10.1.1. Tierra que permanece en la misma categoría de uso 75
10.1.2. Tierras que se convierten a una nueva categoría de uso 85
10.2. Cambios de las existencias de carbono en materia orgánica muerta (DOM) 88
10.2.1. Tierra que permanece en la misma categoría de uso 88
10.2.2. Tierras que se convierten a una nueva categoría de uso 88
10.3. Cambios en la existencia de carbono en hojarasca 89
11. RESULTADOS DE EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI POR ACTIVIDAD REDD+ Y EN SU CONJUNTO (NETAS) Y EL NR 91
11.1. 'Drivers' de cambios de uso de la tierra 91
11.2. Emisiones y absorciones por actividades REDD+ 92
11.3. Nivel de Referencia Forestal (NRF) 95
12. INCERTIDUMBRE ASOCIADA 96
12.1. Resultados 97
13. PLAN DE MEJORA 98
REFERENCIAS 99
ANEXOS 102

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Categorías utilizadas en el proceso de fotointerpretación y clasificación de tierras Mapatón 2021
Tabla 2. Re categorización para el Nivel de Referencia Forestal
Tabla 3. Unidades de muestreo del primer ciclo del Inventario Nacional Forestal y de Carbono
Tabla 4. Distribución de muestra total (N) usando asignación de Neyman
Tabla 5. Post estratificación de muestra total (N) por región climática
Tabla 6. Etiquetado de categorías de uso de la tierra para análisis estadístico
Tabla 7. Transiciones de uso de la tierra en la base de datos del Mapatón 2021 que se consideran "ilógicas"
Tabla 8. Valores de densidad y fracción de carbono para los tocones en función de su descomposición
Tabla 9. Valores de densidad y fracción de carbono para madera muerta caída en función de su descomposición
Tabla 10. Contenidos de humedad
Tabla 11. Factores de ajuste
Tabla 12. Factor de Expansión
Tabla 13. Reservorios de carbono estimados para el INFC. Datos de contenido de carbono promedio con un intervalo de confianza de 95%
Tabla 14. Datos de actividad para conservación de las reservas forestales de carbono y gestión sostenible de los bosques
Tabla 15. Datos de actividad para conservación de las reservas forestales de carbono y gestión sostenible de los bosques.
Tabla 16. Datos de actividad reducción de emisiones derivadas de la degradación e incremento de las reservas forestales de carbono (los valores ya están en hectáreas)
Tabla 17. Datos de actividad incremento de las reservas forestales de carbono
Tabla 18. Datos de actividad reducción de emisiones forestales derivadas de la deforestación
Tabla 19. Datos de actividad reducción de emisiones forestales derivadas de la deforestación
Tabla 20. Datos de actividad reducción de emisiones forestales derivadas de la deforestación
Tabla 21. Datos de actividad reducción de emisiones forestales derivadas de la deforestación
Tabla 22. Ejemplo de comparación de parcelas del Mapatón y de campo
Tabla 23. Matriz de confusión
Tabla 24. Usos de la tierra y subcategorías utilizadas en el Mapatón 2021
Tabla 25. Reservorios de carbono incluidos en el Nivel de Referencia de Panamá
Tabla 26. Superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra
Tabla 27. Fracción de carbono de materia seca.
Tabla 28. Relación entre la biomasa aérea y subterránea (R) en toneladas materia seca de raíz por tonelada de materia seca (tdm raíz. tdm-1)
Tabla 29. Promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea.
Tabla 30. Remociones anuales de madera, rollizos.
Tabla 31. Volumen anual de remoción de madera combustible de partes de árboles.
Tabla 32. Superficie afectada por perturbaciones

Tabla 33. Datos de incendios forestales 2006-2015.
Tabla 34. Biomasa aérea promedio de superficies de tierras forestales.
Tabla 35. Estimación de Biomasa Después de la Conversión.
Tabla 36. Fracción de biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones.
Tabla 37. Superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra y/o, convertidas en otra categoría o subcategoría.
Tabla 38. Superficie de tierra que se convierte a otra categoría de uso de la tierra.
Tabla 39. Emisiones y absorciones por actividad REDD+.
Tabla 40. Hectáreas de uso de la tierra por actividad REDD+.
Tabla 41. Cantidad de personas desempleadas y cantidad de hectáreas deforestadas y degradadas.
Tabla 42. Incertidumbres por actividad REDD+.
Tabla 43. Incertidumbres del Nivel de Referencia Forestal de Panamá.

Figura 1. División político-administrativo de la República de Panamá
Figura 2. Área del NREF/NRF
Figura 3. Distribución de las UM para el INFC
Figura 4. Estrato de bosque, agrupando las unidades de muestreo en las categorías de bosques del mapa de cobertura y uso de la tierra 2012
Figura 5. Red de unidades de muestreo filtradas
Figura 6. 22 bloques para la selección de muestras para el estrato bosque
Figura 7. Detalle del diseño de la UM, parcela y subparcelas anidadas utilizadas en el INFC
Figura 8. Estratos estadísticos para el muestreo aleatorio estratificado
Figura 9. Regiones climáticas de Panamá
Figura 10. Unidad de muestreo con 25 puntos de observación que registran 3 usos de la tierra
Figura 11. Asentamiento en dos puntos dentro de una unidad de muestreo
Figura 12. Cambio de uso de la tierra de “pastizal” a “asentamiento”
Figura 13. Cambio de uso de la tierra de “Otras tierras”
Figura 14. a “Manglar”
Figura 15. Resultado del cruce de el shapefile de estratos y regiones climáticas
Figura 16. Resultado de las 9800 parcelas con la información de estratos-climas
Figura 17. Parcelas del Mapatón en fase de control de calidad
Figura 18. Parcelas del Mapatón con Buffer de 300 metros
Figura 19. Punto tomando con la Aplicación Map marker
Figura 20. Evidencia de campo que la cobertura es de Rastrojo
Figura 21. Datos provenientes de las matrices de UT-CUTS 2006-2015
Figura 22. Crecimiento medio de viviendas por año
Figura 23. Emisiones y absorciones por actividad REDD+
Figura 24. Correlación entre el desempleo y las emisiones por cambio de uso de la tierra
Figura 25. Nivel de Referencia Forestal en Ton de CO2 equivalente

ABREVIATURAS

2IBA	Segundo Informe Bianual de Actualización
AFOLU	Agricultura Silvicultura y Usos del Suelo
BA	Biomasa Aérea
BS	Biomasa Subterránea
BT	Biomasa Total
CMNUCC	Convención Marco de la Naciones Unidas Contra el Cambio Climático
CEO	Collect Earth Online
CED	Collect Earth Desktop
CUT	Cobertura y Uso de la Tierra
DAP	Diámetro a la Altura del Pecho
EE	Emisiones Estimadas
FE	Factor de Expansión
GEI	Gases de Efecto Invernadero
H	Altura de los individuos
IBA	Informe Bienal de Actualización
MiAMBIENTE	Ministerio de Ambiente de Panamá
IFNC	Inventario Forestal Nacional y de Carbono
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático (por su traducción del inglés: Intergovernmental Panel on Climate Change)
MRV	Medición, Reporte y Verificación
NREF	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales
NRF	Nivel de Referencia Forestal
PNRF	Programa Nacional de Restauración Forestal
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación y la conservación, manejo forestal sostenible y mejora de los contenidos de carbono en los países en desarrollo
SINAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SOC	Carbono orgánico del suelo (por su traducción del inglés: Soil Organic Carbon)
t.d.m	Toneladas de materia seca
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura

Presentación oficial del Nivel de Referencia Forestal (NRF)

Con el objetivo de cumplir con los compromisos adquiridos por la República de Panamá ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y en respuesta a la invitación de la CMNUCC de conformidad con las decisiones 9/CP.19, 14/CP.19 y el Artículo 5 del acuerdo de París, la República de Panamá, a través del Ministerio de Ambiente, presenta voluntariamente su Nivel de Referencia Forestal (NRF) con el fin de ser revisado técnicamente según lo dispuesto en la decisión 13/CP.19 de la CMNUCC.

Este documento, junto con sus anexos, han sido preparados considerando las modalidades y directrices establecidas en la decisión 12/CP.17 Sección II y su Anexo, así como con las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático del 2006 (IPCC, 2006), y de manera consistente con los inventarios nacionales de GEI (INGEI) de Panamá.

El presente NRF ha sido desarrollado en línea con las decisiones de la COP para REDD+, y es presentado bajo un enfoque **"step-wise approach" o enfoque escalonado,** para la mejoría continua de sus métodos y datos. Este documento presenta información novedosa sobre el uso y cambio de uso de la tierra en el periodo 2006-2015 y las emisiones de GEI y absorciones de CO_2 relacionadas.

A partir de esta información, Panamá establece un valor de **-20,433,129.66 tCO2 eq.** por año. Este valor se estimó como el promedio histórico de las emisiones de GEI y absorciones de CO2 anuales en 2006-2015. El valor del NRF es negativo pues indica absorciones netas, debido a la contribución importante del crecimiento de los bosques secundarios, rastrojos, manglares y plantaciones forestales del país.

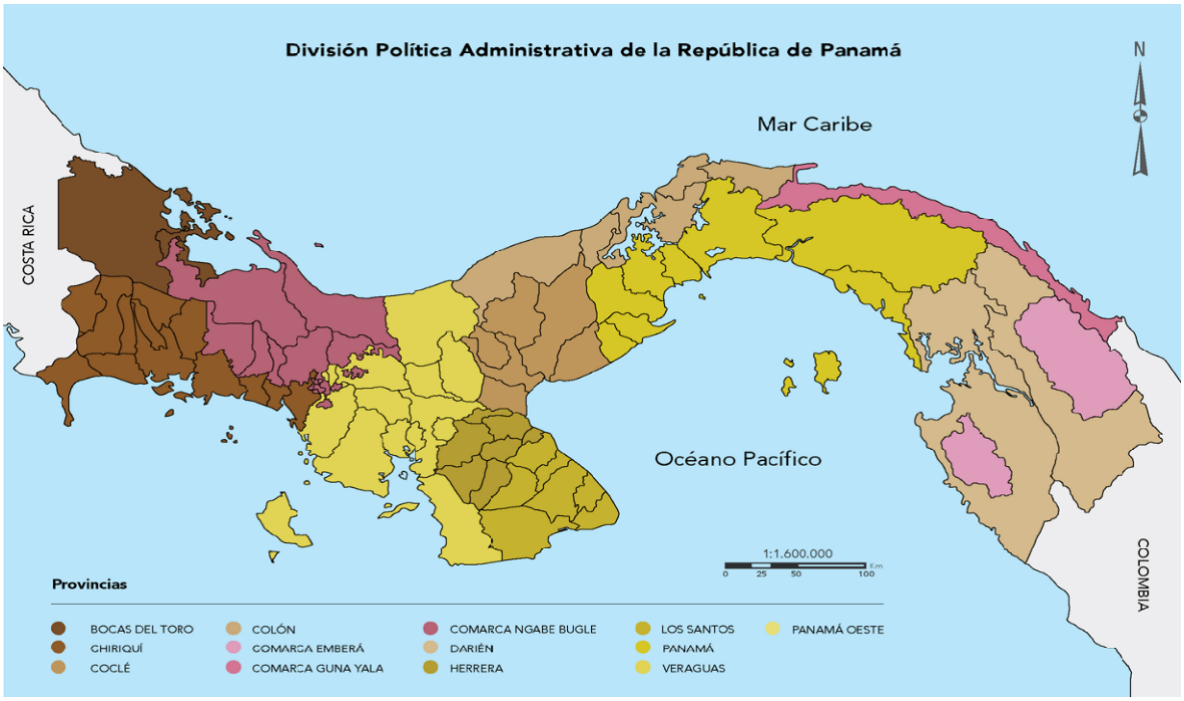
Como parte de la implementación de sus actividades REDD+, el país espera reducir emisiones y aumentar las absorciones con el fin de generar resultados REDD+ que puedan convertirse en pagos por resultados. A su vez en este reporte se desglosará el NREF por actividades REDD+ y sus respectivas emisiones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

1. DETALLES SOBRE CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

En 1995, la República de Panamá aprobó en todas sus partes la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y en el marco de un liderazgo nacional en la materia, ha establecido hitos importantes: la formulación e implementación del Programa Nacional de Cambio Climático (2001), la conformación de la Unidad de Cambio Climático y Desertificación (2006), la aprobación en el 2007 de la Política Nacional de Cambio Climático, y su actualización en el 2012, la creación del Ministerio de Ambiente (2015) y la conformación de la Dirección de Cambio Climático (2018).

La extensión del territorio nacional es de 75,135.62 km^2 y 200 millas náuticas, que comprende superficie continental e insular. La Constitución Política de la República de Panamá[1] 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).

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



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del MiAMBIENTE (MiAMBIENTE, 2021a)

[1] Constitución Política de la República de Panamá de 1972, reformada por los actos reformatorios 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.

Nota aclaratoria: El área utilizada para las estimaciones del NRF fue de 75,135.77 km, porque se utilizó la capa proveniente del Instituto de Estadística y Censos de Panamá (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.

La cobertura boscosa representa el 65.4% del territorio nacional (4,925,789.72 hectáreas). Con respecto al uso potencial del suelo, el 25% de los suelos tienen aptitud de uso agropecuario; no obstante, las estadísticas nacionales reflejan que el uso actual no coincide con este uso potencial. En 2016, el área sobre la cual se asienta la producción agrícola, la producción agropecuaria de subsistencia y los rastrojos asciende al 40.2% del territorio nacional (MiAMBIENTE, 2017).

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 año 2020, se contó con 116 áreas protegidas, con una superficie aproximada de 3,000,000 de hectáreas de superficie terrestre, lo que equivale casi al 40% del territorio nacional (Arosemena, 2020). 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.

La red hidrográfica del país se distribuye en 52 cuencas hidrográficas (18 corresponden a la vertiente del mar Caribe) y unos 500 ríos, los cuales en su mayoría son de abundante caudal y corto recorrido. Este régimen hídrico está condicionado por la posición, orientación y el relieve del Istmo y se divide en 5 zonas hídricas[2], de las cuales dos drenan al Caribe y tres al Pacífico (GWP-CA, 2011).

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 vida[3] (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 reconocidas[4] (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.

2 Las cinco zonas hídricas del país se definieron al momento de preparar el Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos que se encuentra en la fase final de su formulación.

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 montanos del centro de Panamá.

Estos instrumentos son: la Ley N° 69 de 30 de octubre de 2017, que crea un programa de incentivos para la cobertura forestal y la conservación de bosques naturales, y establece el Fondo Reforesta Panamá; la Estrategia Nacional Forestal 2050; el Programa Nacional de Restauración Forestal 2021-2025; la Estrategia Nacional de Cambio Climático de Panamá (ENCCP) 2050; el Plan Nacional de Cambio Climático para el Sector Agropecuario; la Contribución Determinada a Nivel Nacional actualizada al 2020; el Decreto Ejecutivo N° 100 de 20 de octubre de 2020, que crea el Programa Nacional Reduce Tu Huella, para la gestión y monitoreo del desarrollo económico y social bajo en carbono; y el Decreto Ejecutivo N° 142 de 9 de diciembre de 2021, que crea el Mercado Nacional de Carbono de Panamá; la Estrategia Nacional REDD+ (en proceso aprobación); el anteproyecto de Ley Marco de Cambio Climático que establece la gobernanza climática, para facilitar las acciones de adaptación y mitigación al cambio climático, y crea el Fondo de Adaptación al Cambio Climático.

Panamá promueve la Estrategia Nacional REDD+ (ENREDD+) cuya finalidad es contribuir a la mitigación del cambio climático global a través de la reducción de deforestación y degradación forestal, conservación de ecosistemas forestales, aumento de las reservas de carbono forestal y el manejo sostenible de los bosques, y el Programa Nacional de Restauración Forestal 2021-2025 (PNRF), que tiene como finalidad aumentar la cobertura boscosa en cuencas hidrográficas y en zonas degradadas o deforestadas del país.

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.

Finalmente, en términos poblacionales, en la última década la población de Panamá pasó de 2.948.023 personas en el año 2000 a 3.405.813 en el 2010 (MiAMBIENTE, 2021a). Se estima que, durante los próximos 25 años, la población seguirá creciendo a un ritmo de 1.84 por cada 100.000 habitantes, siendo la provincia de Bocas del Toro y la provincia de Panamá las que registran un mayor crecimiento con respecto al resto de provincias (INEC, 2019)[5]. Con base en las estimaciones que realiza el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), la población en Panamá al 1 de julio de 2020, se estimó en 4,278,500, de los cuales 2,144,802 fueron hombres y 2.133,698 fueron mujeres[6].

La proporción de la población que reside en áreas urbanas ha variado, pasando de 1.834.240 en el año 2000 (62.2%) a 2.262.765 habitantes en el año 2010 (64.5%) y aproximadamente 67% de la población en el año 2015 (Pitti et al. 2021). Este crecimiento de la población en las áreas urbanas ha generado una sobredemanda de los recursos naturales y sus servicios, afectando la capacidad de los ecosistemas en general, con énfasis en los bosques (INEC, 2019).

5 Los datos corresponden al XI Censo Nacional de Población y VII de Vivienda, levantado el 16 de mayo del 2010

6 Contraloría General de la República de Panamá. Estimación y proyección de la población de la República de Panamá, según sexo y edad: 2020 https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=499&ID_CATEGORIA=3&ID_SUBCATEGORIA=10

2. DESCRIPCIÓN DE POLÍTICAS Y ACCIONES DE MITIGACIÓN

2.1. Arreglos institucionales

Los arreglos institucionales permiten involucrar a los distintos sectores del gobierno, empresa privada y público en general sobre los objetivos y resultados en materia de cambio climático. Además, estos arreglos permiten el flujo de información que es necesaria para presentar información del país de acuerdo con los compromisos internacionales de los que Panamá forma parte. Los arreglos interinstitucionales consisten en un conjunto de arreglos formales (tales como reglamentos, directivas, leyes, decretos o memorandos de entendimiento).

Comité Nacional de Cambio Climático de Panamá

El 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:

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.**

Ministerio de Ambiente

El Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE) fue creado mediante la Ley 8 del 25 de marzo del 2015. En su Artículo 1 señala que es la rectora en materia de protección, conservación, preservación y restauración del ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales para asegurar el cumplimento y aplicación de las leyes y reglamentos de la Política Nacional de Ambiente.

Dentro de la Política Nacional de Ambiente, se establece en sus funciones ejercer como punto focal REDD+ ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), con la responsabilidad de coordinar la elaboración y presentación de los Niveles de Referencia de Emisiones Forestales.

Estrategia Nacional Forestal 2050

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 Nacional de Cambio Climático

En ese mismo año, se promulga el Decreto Ejecutivo N° 34 del 24 de mayo de 2019, que crea la Estrategia Nacional de Cambio Climático de Panamá (ENCCP) 2050, que se sustenta en tres componentes principales: adaptación, desarrollo bajo en emisiones y desarrollo de capacidades y transferencia de tecnología; ejes de importancia para la gestión ambiental y que contribuirá en el fortalecimiento del marco institucional que, a su vez, se verá complementado con la implementación de la Estrategia Nacional REDD+.

Con esta Estrategia, Panamá se encamina hacia una economía verde como parte de la agenda climática de país, la cual debe continuar consolidándose sobre la base de una política pública nacional que mantenga el balance entre el crecimiento económico, la integración social y la gestión ambiental.

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.

El Registro Nacional de Emisiones y Acciones de Mitigación, es el instrumento de gestión para monitorear el desarrollo económico y social bajo en carbono. Este Registro será el mecanismo oficial para consultas públicas y publicación de los resultados e informes nacionales que se deriven de los procesos enmarcados bajo el Programa Nacional Reduce Tu Huella.

Mercados de Carbono en Panamá

En el 2021, mediante el Decreto Ejecutivo N° 142 de 9 de diciembre de 2021, se crea el **Mercado Nacional de Carbono de Panamá**, que tiene como objetivo impulsar reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero, de forma medible, reportable y verificable, para contribuir al cumplimiento de la Estrategia Nacional de Desarrollo Económico y Social Bajo en Carbono, el Programa Nacional Reduce Tu Huella, las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional y los objetivos de la Estrategia Nacional REDD+.

Anteproyecto de Ley Marco de Cambio Climático

Actualmente, se trabaja en el anteproyecto de **Ley Marco de Cambio Climático** que establece la gobernanza climática y desarrolla el marco normativo de la respuesta nacional al cambio climático. Este anteproyecto de ley propone la creación del **Fondo de Adaptación al Cambio Climático (FONACC),** que es un mecanismo de financiamiento de proyectos de adaptación y resiliencia prioritarios, que permite gestionar el riesgo climático en comunidades vulnerables, ecosistemas y sistemas productivos en todo el territorio nacional.

Programa Nacional de Restauración Forestal

El PNRF tiene por misión "formular un instrumento técnico que contribuya restaurar la cobertura boscosa del país y sentar las bases del desarrollo del sector forestal, además de promover normas que faciliten la ejecución de actividades de restauración del paisaje"; a su vez, se enfoca en el apoyo de la planificación de acciones de reforestación y restauración forestal, impulsando la protección, aprovechamiento y manejo del recurso forestal acorde a las exigencias ambientales actuales y de futuro.

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. Se estructuró con una visión de país, de alcance nacional, la cual invita a formar parte a la sociedad civil, entidades gubernamentales, empresas privadas, escuelas y universidades que aporten a la meta nacional de restauración.

Estrategia Nacional REDD+

Panamá incluye la Estrategia Nacional REDD+ como parte fundamental de la Estrategia Nacional Forestal que tiene como objetivo establecer las bases del desarrollo del sector forestal de Panamá y contribuir a la mitigación del cambio climático. 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).

La ENREDD+ pretende reducir la tasa de deforestación de los bosques naturales, contribuyendo al secuestro de carbono para convertir a Panamá en un país con bajas emisiones (además de la producción de otros beneficios sociales, ambientales y económicos generados por las plantaciones forestales para la restauración y fines comerciales)[7].

En este momento está en elaboración y para el primer semestre del 2022 se espera tener una estrategia REDD+ actualizada, alineada con las políticas del sector UTCUTS, y con prioridades nacionales identificadas considerando los distintos puntos de vista, los planes de gobierno, y los compromisos de país frente al cambio climático para ser sometida a la CMNUCC.

7 S/F. S/F. Public partnership to reforest 1 million hectares in Panama in 20 years.

Participación de Panamá en espacios internacionales de cooperación sobre el cambio climático con incidencia en REDD+

Alianza de Programas Voluntarios de Gestión de GEI de América Latina y el Caribe

La Alianza de Programas Voluntarios de Gestión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de América Latina y el Caribe busca crear una alianza entre las diferentes iniciativas nacionales en países Latinoamericanos y del Caribe, de los cuales Panamá forma parte por medio de la Dirección de Cambio Climático del MiAMBIENTE. El enfoque de esta asociación es la gestión de los GEI hacia la neutralidad de carbono en América Latina y el Caribe que incluya la participación del sector privado para la acción climática. Esta asociación busca lograr sus objetivos por medio del intercambio de conocimiento, la sinergia entre los países y la creación de una hoja de ruta para la homologación de criterios y estándares coherente con la implementación de la CDN de cada país.

Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero

La Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (RedINGEI) es una iniciativa de cooperación Sur-Sur y Triangular entre países latinoamericanos de habla hispana y donantes internacionales, con el objetivo general de facilitar el desarrollo sostenible de capacidades técnicas e institucionales en materia de inventarios nacionales de GEI por medio del intercambio de experiencias, lecciones aprendidas y la adopción de buenas prácticas entre los países miembros (Borgogno y Cornejo, 2020).

Panamá forma parte activa de la RedINGEI desde sus inicios en 2016 y ha recibido distintos tipos de apoyo por parte de la Red, como el análisis técnico del Primer Informe Bienal de Actualización, la revisión por pares de los inventarios, el fomento de capacidades técnicas, etc. Esto ha permitido identificar que el país necesita mejorar su información y crear capacidades a nivel institucional para los próximos informes y compromisos que el país debe presentar ante la CMNUCC, creando espacios para explorar los mecanismos de consistencia, integración, complementación y reporte de REDD+.

Actualización de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de Panamá

Panamá presentó en el 2016 su Contribución Nacionalmente Determinada[8] (NDC por sus siglas en inglés), como resultado de un esfuerzo nacional liderado por MiAMBIENTE y CONACCP. Durante el 2020, cumpliendo sus compromisos adquiridos ante la CMNUCC, Panamá presentó su Contribución Determinada a Nivel Nacional (CDN1) actualizada. Esta contempla 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_2eq al año 2050, un incremento equivalente al 10% con respecto al promedio de absorciones del periodo 1994-2017 (CMNUCC, 2020).

Para el sector UTCUTS se presentan dos acciones de mitigación: el Programa Nacional de Restauración Forestal 2020-2025 y la Implementación de la Estrategia Nacional REDD+.

8 Contribución Nacionalmente Determinada a la Mitigación del Cambio Climático (NDC) de la República Panamá ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)

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.

Fundamentales para el abastecimiento de comunidades urbanas, rurales e indígenas del país e impulsar la Estrategia de Desarrollo Económico y Social Baja en Carbono para lograr la neutralidad de carbono al 2050, y contribuir al incremento progresivo en el nivel de ambición de las CDN de Panamá ante la CMNUCC.

2.2. Legislación

Jerarquía jurídica del cambio climático

La Constitución Política de la República de Panamá establece en el Artículo 118 que es deber del Estado garantizar un ambiente sano y libre de contaminación. Además, en su Artículo 119 establece que el Estado y todos sus habitantes deben «propiciar un desarrollo social y económico que prevenga la contaminación del ambiente, mantenga el equilibrio ecológico y evite la destrucción de los ecosistemas». Para asegurar el derecho de las personas a un ambiente sano y reconociendo que el cambio climático es una amenaza global importante, en la que Panamá es uno de los países vulnerables a los efectos adversos, se establece diversos instrumentos jurídicos dirigido a fomentar un desarrollo sostenible, bajo en carbono y resiliente al cambio climático, y se adoptan compromisos internacionales.

Marco legal internacional del cambio climático

Panamá ha adoptado compromisos en materia de cambio climático al ratificar las leyes siguientes:

Ley 10 - 12-04-1995

- Por la cual se aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático[9].

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 Climático[10].

Ley 38 - 3-06-2015

- Por la cual Panamá aprueba la Enmienda de Doha al Protocolo de Kioto de 2012[11].

Ley 40 - 12-09-2016

- Por la cual se aprueba el Acuerdo de París de 2015[12].

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.

[9] Mayor detalle de la Ley 10 del 12 de abril 1995 se encuentra en el Anexo 1
[10] Mayor detalle de la Ley 88 del 30 de octubre 1998 se encuentra en el Anexo 2
[11] Mayor detalle de la Ley 38 del 3 de junio 2015 se encuentra en el Anexo 3
[12] Mayor detalle de la Ley 40 del 12 de septiembre 2016 se encuentra en el Anexo 4

Marco legal nacional del cambio climático

Panamá, dentro del marco jurídico existente ha incorporado herramientas para la gestión del cambio climático para crear las bases de una coordinación en los ámbitos de mitigación, adaptación y acción climática. A continuación, se describen.

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 gases de efecto invernadero (GEI). Es por esto que el Título establece en sus capítulos los principales deberes del Ministerio de Ambiente, en colaboración con otras instituciones, en temas de adaptación (Capítulo I) y mitigación (Capítulo II).

La Política Forestal de Panamá está explícitamente expresada mediante Decreto Ejecutivo No. 37 del 12 de junio de 2009. En dicho Decreto se aprueban sus principios, objetivos y líneas de acción. 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 tiempo[13].

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.

Paralelamente a la Política Forestal Nacional, las normas aplicables a los recursos forestales de país son:

13 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"

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[14]. 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[15]. "Que implemente un programa de equidad fiscal". Modifica algunos artículos de la Ley 24 del 7 de junio de 1995 para evitar 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[16]. "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[17]. "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[18]. "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[19]. "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[20]. "Por la cual se establece incentivos y reglamenta la actividad de reforestación en la República de Panamá".

---

14 Mayor detalle de la Ley 69 del 30 de octubre 2017 se encuentra disponible en el Anexo 5

15 http://www.mici.gob.pa/imagenes/pdf/ley_no._6_de_2_de_febrero_de_2005.pdf

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

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

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

19 https://panama.eregulations.org/media/Ley%20N%C2%B0%201%20del%203%20de%20febrero%20de%20 1994.pdf

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

Finalmente, como parte de sus atribuciones de formular, aprobar y ejecutar la Política Nacional de Ambiente y del uso sostenible de los recursos naturales, MiAMBIENTE se encuentra actualizando la Ley 1 de 1994, por la cual se establece la "Legislación Forestal en la República de Panamá y se dictan otras disposiciones". Actualmente se encuentra en un proceso de diagnóstico para identificar si existen vacíos legales o inconsistencias que necesiten actualización y que permita una revisión integral del marco legal normativo forestal, ambiental y cambio climático.

Con estos insumos se realizarán talleres de consulta con los actores claves del sector forestal para garantizar un proceso participativo en la actualización de esta ley para su posterior aprobación y continuar la evolución de la gobernanza forestal existente.

2.3. Consistencia con el inventario nacional de GEI

El NRF debe mantener consistencia con las estimaciones del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), de acuerdo con la CMNUCC, Decisión 13/CP.19, Anexo par. 2. La consistencia implica utilizar las Directrices y Guías del IPCC, para ambos reportes, como fundamento para estimar las emisiones por fuentes y absorciones por sumideros relacionadas a los bosques. Requiriendo entre otros, contar con una definición oficial de Bosque y en consecuencia de deforestación, así como un proceso de estandarización del suministro de información sobre datos de actividad y factores de emisión.

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 INFC e información de datos de actividad más precisos correspondientes a la revisión del muestreo del Mapatón 2017.

El Nivel de Referencia es consistente con el INGEI que se presentará a la CMNUCC en la Cuarta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, ya que se utilizará la misma metodología para la obtención de los datos de actividad y los mismos actores de emisión, los métodos, datos y supuestos serán exactamente los mismos, con el fin de cumplir con las decisiones de la COP (4/CP.15, 1/CP.16 y 12/CP.17). También algunos enfoques técnicos que se aplicaron en el inventario, presentado en el Segundo Informe de Actualización (2IBA), fueron aplicados en este nivel de referencia forestal. De esta manera, tratamos de guardar consistencia con los inventarios reportados.

Nota explicativa: En este NRF (2022) se reporta un valor de -20,433 kton CO2 eq., que es distinto al reporte que se hizo en el 2 IBA (-27,629 kton CO2 eq), y en el primer NRF (2018). La diferencia de 26.32% se debe a que en el NRF 2022 se presentaron mejoras en las estimaciones de los datos de actividad, ya que se utilizó Collect Earth Online (CEO) y una malla de muestreo más precisa y estratificada. En las estimaciones de 2018, se utilizó Collect Earth Desktop que presenta un enfoque totalmente diferente al CEO.

Datos de actividad: En el último IBA presentado, se utilizó datos de actividad del Mapatón 2017 obtenidos con Collect Earth Desktop, una cuadrícula sistemática de 13,794 parcelas con un espaciado de trama de 3 km.

Los datos presentados en el NRF (2022) fueron obtenidos con una cuadrícula de puntos de Collect Earth Online de 2021, una cuadrícula aleatoria estratificada de 9800 parcelas.

Asimismo, en el 2IBA se utilizó un área de reporte nacional de 7.690.262 hectáreas, mientras que en la actualización de la NRF (2022) se utilizó un área de reporte nacional de 7,513,577 hectáreas. La diferencia de superficie es de 176.685 hectáreas. El área de información de la NRF actual es más precisa, ya que se basa en el área nacional informada por el Instituto Geográfico Tommy Guardia.

Factores de emisión: En cuanto a los factores de emisión no hay cambios con respecto a los utilizados en el 2 IBA, son los mismos. La única diferencia es que en el 2 IBA se incluyó el carbono orgánico del suelo y en el NRF se decidió excluirlos debido a las grandes incertidumbres y a los muchos criterios de expertos que se utilizaron para obtener las estimaciones.

2.4. Mejoras implementadas con respecto al NRF anterior

En 2018, Panamá presentó su primer Nivel de Referencia forestal que fue evaluado y aprobado por la CMNUCC. Sin embargo, después de analizar el reporte, se decidió presentar un nuevo NREF que refleje mejoras sustanciales en las estimaciones de los datos de actividad, así como en los factores de emisión. A continuación, se mencionarán dichas mejoras:

1. **Malla de muestreo**: En el NREF anterior se utilizó una malla de muestreo sistemática para todo el territorio nacional. La malla sistemática tenía 13,794 parcelas. En el nuevo NRF (2022) se hizo un rediseño muestral y la nueva malla en Collect Earth Online tiene 9,800 parcelas estratificada 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%.

Nota aclaratoria: Es importante mencionar que estos estratos son para el diseño de muestreo, para recoger las dinámicas que ocurren en los bosques. El estrato de bosque estable trata de representar mayormente la tierra forestal (bosque maduro, bosque secundario, rastrojos y plantaciones) para aumentar la precisión de la estimación del área. Esto no quiere decir que no se puedan encontrar otros usos del suelo.

2. **Herramienta Collect Earth:** En el NRF 2018 se utilizó Collect Earth Desktop con enfoque de colecta de datos de actividad jerárquico, es decir, cuando el intérprete observó más de un uso de la tierra en la parcela, utilizó una regla jerárquica en la cual la parcela se le asignaba un solo uso de la tierra, aunque la parcela tuviera dos usos. Al presentar el NRF 2022, este enfoque cambió totalmente al utilizar Collect Earth Online, que asignó un uso a cada uno de los 25 puntos dentro de esa parcela, lo que permitió analizar cada punto de forma independiente.

Nota aclaratoria: En la práctica, con Collect Earth Online, cuando el intérprete observa que un punto en la parcela se ubica en árboles con más del 30 % de cobertura de dosel, el intérprete debe verificar que esa tierra forestal es un área más grande (más de 0,5 hectáreas) que incluso se extiende más allá de la parcela, entonces la clasifica como bosque. Por lo tanto, este proceso cumple con la definición de bosque en Panamá. No se clasificaron como terrenos: los árboles dispersos dentro de la parcela, ni grupos de árboles con una cobertura de dosel menor a 30%, porque ninguno de estos casos está alineado con la definición de bosque en Panamá.

3. **Serie Histórica**: el NRF 2018 se presentó para una serie histórica comprendida desde el periodo 2000-2015. No obstante, el NRF 2022 se presentó para una serie histórica comprendida desde el periodo 2005-2015 para que esté alineada con la misma serie histórica presentada en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) del año 2016.

4. **Factores de emisión**: En este Nivel de Referencia Forestales 2022, se trabajó con algunos factores de emisión del país, provenientes del Inventario Nacional Forestal y de Carbono (INFC) realizado entre los años 2012-2018. Estos factores se pueden encontrar en los anexos del Informe de Inventario Nacional (IIN) 2020, entregado a la CMNUCC en junio 2021, ya que fueron los mismos utilizados en el Inventario del Sector Uso de la Tierra y Cambios de Uso de la Tierra del Segundo Informe de Actualización Bienal sobre Cambio Climático (2IBA). (ver sección 7.1)

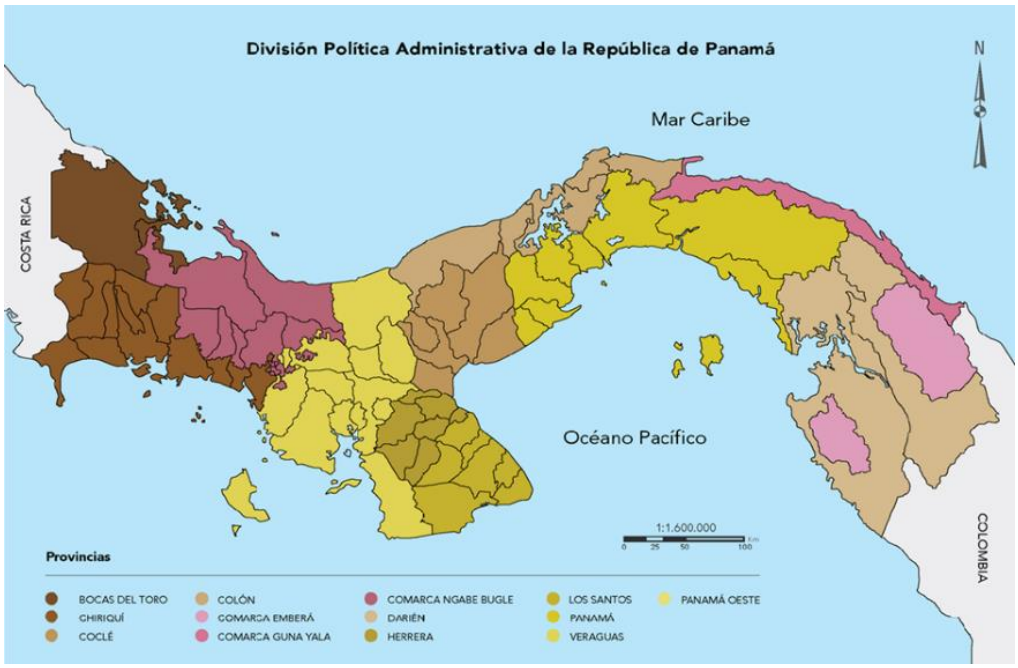
Nota aclaratoria: En el NRF 2018 se utilizó factores de emisión del pre inventario forestal y de carbono que constó de 36 parcelas. En ese momento era el mejor dato disponible. En cambio, en el NRF 2022, se utilizaron los factores de emisión del inventario completo que constó de 87 parcelas. Es importante mencionar que en el NRF 2022, los factores de emisión fueron desagregados por regiones climáticas (Tropical Montano, Tropical Húmedo y Tropical Muy Húmedo), mientras que, en el NRF 2018 se asumió que todo Panamá se encontraba en la región Tropical Húmedo. En los anexos (carpeta base de datos, archivo 26) se encuentra disponible una base de dato en Excel con los cambios de factores de emisión. Comparación FE", en donde hay 2 tablas con los Factores de emisión usados en el NRF 2018 y los usados en el NRF 2022.

3. ESCALA

La escala utilizada para **estimar este Nivel de Referencia Forestal fue una escala Nacional que incluyó el territorio continental e insular.** La superficie utilizada en este NRF es de 7,513,577 hectáreas y difiere del dato oficial, ya que al momento del diseño de la muestra no se contaba con la capa final y se utilizó la capa disponible más reciente (Figura 2).

Figura 2. Área del NREF/NRF

Incluye el territorio continental más las islas con mayor superficie del país; en total suman 7, 513, 577 ha.



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del MiAMBIENTE (MiAMBIENTE, 2021a)

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.

La superficie utilizada en este NRF es de 7,513,577 hectáreas y difiere de la oficial ya que al momento del diseño de la muestra no se contaba con la capa final y se utilizó la capa más reciente. La estimación de las emisiones por fuentes y la absorción de sumideros en el inventario nacional de GEI (INGEI).

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 predominantemente agropecuario o urbano".

Notas explicativas:

1. 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.

2. 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.

3. 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. La excepción son los rastrojos que han sido declarados para uso forestal, los cuales se clasifican como bosque.

Las notas explicativas son parte de la definición de bosque

Rastrojos: Los Rastrojos se identifican generalmente como vegetación arbustiva y herbácea, en este documento se clasifican como tierras forestales cumpliendo con la coherencia del "Diagnóstico sobre la cobertura de bosque la Cobertura de Bosques y otras Tierras Boscosas de Panamá, 2019". La incorporación de las características de la vegetación promedio de altura de 5 metros y un dosel de 30%, se debe a la necesidad de incluir la vegetación en su estado sucesional, ya que, en muchos análisis realizados e inspecciones de campo, evoluciona a la clase de bosque secundario (MiAMBIENTE, 2019b; MiAMBIENTE, 2021b). Los rastrojos han sido incluidos como una categoría de cobertura y uso de tierra.

5. CATEGORÍAS DEL USO DE LAS TIERRAS 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. Este proceso se documentó en el documento Protocolo de interpretación de imágenes satelitales para la realización del Mapatón 2021 con Collect Earth Online[21].

5.1. Esquema de clasificación de usos de la tierra

El sistema de clasificación es una adaptación de la metodología CORINE Landcover (CLC), consiste en la evaluación de cobertura de la tierra con el uso de imágenes Landsat (Suarez et al. 2016) y proporciona las características temáticas que el país requiere para la evaluación de la dinámica de las coberturas y usos terrestres para fines de REDD+ y otros. Este sistema busca solucionar algunos problemas e inconsistencias detectadas en la clasificación temática utilizada para los mapas de 1992, 2000 y 2012. Con base en las Directrices del IPCC del 2006 volumen 4, capítulo 3 para los INGEI, el uso de la tierra se clasificó en cuatro niveles:

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. **Práctica de gestión**: corresponde a las acciones que suceden in situ y que influyen en las existencias de carbono, provocando las emisiones de GEI y absorciones de CO_2 en las categorías y subcategorías de uso y cambio de uso del suelo; por ejemplo, la protección de bosques, el establecimiento de plantaciones forestales, así como la conversión de bosques para la producción agrícola, entre otras. Panamá define tierras gestionadas como todas aquellas áreas en las que ha existido intervención humana o donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales, incluida la protección de los bosques.

4. **Subdivisión por formación ecológica**: 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.

Siguiendo los parámetros establecidos por las guías del IPCC 2006 y las clasificaciones de coberturas y uso a nivel nacional se estableció un sistema de clasificación. Las categorías utilizadas se detallan en la Tabla 2[22].

21 https://www.dropbox.com/scl/fi/01xzna6o1kwf0uu4khr4p/Protocolo-de-Mapaton-2021_V1-1.docx?dl=0&rlkey=qqku9zuw7gsi2w1d9u1jvl44i

22 https://www.dropbox.com/scl/fi/01xzna6o1kwf0uu4khr4p/Protocolo-de-Mapaton-2021_V1-1.docx?dl=0&rlkey=qqku9zuw7gsi2w1d9u1jvl44i

El primer nivel muestra seis categorías generales correspondientes a ecosistemas y usos de la tierra, mientras los dos niveles subsiguientes describen con mayor detalle los diferentes tipos y subtipos de estos ecosistemas y usos.

Tabla 2. Categorías utilizadas en el proceso de fotointerpretación y clasificación de tierras Mapatón 2021

Categorías IPCC	Cobertura y Uso (Sistema Nacional)	Coberturas, usos, tipos y Subtipos que incluye
Tierras forestales	Bosque maduro	Orey, cativo, rafia, bosque latifoliado mixto (todos los tipos de bosque maduros, excepto manglar)
	Bosque secundario	Bosque secundario (Todos los tipos de bosques, excepto manglar)
	Bosque de mangle	Manglar (Maduro y secundario).
	Bosque plantado de coníferas	Plantaciones de pino
	Bosque plantado de latifoliados	En su mayoría son Tecas
	Rastrojo	Rastrojo y vegetación arbustiva
Tierras de cultivo	Cultivos anuales	Todos los cultivos anuales (Caña de azúcar, maíz, arroz, hortalizas y otros cultivos temporales)
	Cultivos permanentes	Palma aceitera, café, cacao, frutales, cítricos plátano, banano y otros cultivos permanentes
Pastizales	Pastos	Pasto, vegetación herbácea (paja canalera, otra vegetación herbácea), y páramo. Comentario: Por la similitud del páramo en cuanto a biomasa y flujos de carbono con los pastos, he colocado esta cobertura en pasto para los efectos de los INGEI.
Humedales	Superficie de agua (* Natural)	Ríos, lagos y tierras bajas inundables (naturales – no alterados por la mano del hombre)
	Tierras inundadas (* Artificial)	Reservorios para la producción de hidroelectricidad, irrigación y navegación (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)
Asentamientos	Área cultural	Área poblada (urbana y rural), infraestructura, explotaciones mineras, salineras, caminos, carreteras, estanque para acuicultura y otras áreas culturales.
Otras tierras	Área abierta sin o con poca vegetación	Afloramientos rocosos y tierra desnuda, playa y arenal natural y albinas.

Fuente: MIAMBIENTE 2021c. Protocolo de interpretación de imágenes satelitales para la realización del Mapatón 2021 con CEO. Dirección de Cambio Climático / Dirección de Información Ambiental.

Nota aclaratoria: La formación de rastrojo se clasifica como tierra forestal de acuerdo con la definición de bosque proporcionada en este informe de Nivel de Referencia Forestal. En esa definición, hay notas explicativas que también son parte de la definición de bosque que indican lo que se considera terreno forestal y lo que no. En una de estas explicaciones dice lo siguiente: "en el caso de zonas donde las condiciones abióticas limiten a los árboles a alcanzar los 5 metros in situ, bastará con que superen el 30% de cobertura. Estas condiciones abióticas pueden ser la precipitación de un lugar determinado, la climatología de la zona, el tipo de suelo y la altura a la que se encuentran estas formaciones. Estas condiciones abióticas pueden evitar que los rastrojos alcancen una altura de 5 metros. En esos casos, si alcanza un 30% de cobertura de dosel podrá ser clasificado como rastrojo o vegetación arbustiva.

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:

  - ✓ Predominantemente 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.

Nota aclaratoria: Para distinguir un bosque maduro de un bosque secundario, en la práctica, el fotointérprete tomó en consideración lo siguiente: 1) La respuesta espectral es muy característica en un bosque maduro con respecto al secundario, ya que la coloración de los píxeles presenta diferencias considerables al momento de clasificarlos. 2) La textura de la imagen, en los bosques maduros debido a su composición, presentan cierta rugosidad por el gran tamaño de sus copas. 3) El contexto es muy importante ya que los bosques maduros generalmente se encuentran en áreas protegidas o en áreas montañosas (en Panamá).

Para más detalles, en los anexos puede encontrar el documento "Protocolo para la interpretación de unidades de sondeo con imágenes de satélites utilizando la plataforma Collect Earth Online".

- 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.

El bosque secundario se distingue del rastrojo por tener una altura promedio mayor a 5 metros y una cobertura de dosel superior al 30 por ciento. Se considera también como tierras forestales a los rastrojos con altura menor a 5 metros que hayan sido declarados para fines forestales.

- Bosque de mangle: bosque natural en el cual el 60% de los árboles dominantes y codominantes (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 predominantemente 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 predominantemente 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.

- Vegetación arbustiva y herbácea (rastrojo): 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.

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 y piña.

- 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, plátano/banano, cítrico, palma aceitera, palma de coco y otro cultivo permanente.

Pastizales

- Pastos: Tierra utilizada para producir forraje herbáceo, ya sea que éste crezca de manera natural o que sea cultivado.

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.

Para la clasificación de esta categoría tomar en cuenta las siguientes coberturas, para que sean incluidas dentro de "superficie de agua".

- 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[23]: 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.

- 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.

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 navegación[24].

23 Clasificación y definiciones según ANAM/OIMT, 2003.

24 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.

Asentamientos

- Asentamientos: 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

En asentamiento también clasificamos los siguientes usos y coberturas:

- Área cultural: Dentro de esta categoría que incluye áreas pobladas urbana y rural, también se incorporan las infraestructuras, explotaciones mineras, salinera, caminos, carreteras, estanque para acuicultura y otras áreas culturales.
- 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.
- Salinera: Territorio plano costero con estructuras antrópicas para la producción de sal.
- Otra área cultural: Comprende áreas de cualquier otro uso de carácter cultural.

Nota aclaratoria: Durante el Mapatón (2021), 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.

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 hemos obtenido las siguientes relaciones presentada en la Tabla 2.

Tabla 3. Re categorización para el Nivel de Referencia Forestal

Categoría	Subcategoría	Práctica de gestión	Subdivisión por formación ecológica
Tierras forestales	Tierras forestales que permanecen como tales	Protección de bosques	Bosque Maduro
			Bosque Secundario
			Manglar
		Manejo de plantaciones para el cultivo de madera	Plantación forestal de latifoliadas
			Plantación forestal de coníferas
		Regeneración de bosques	Bosque secundario
			Rastrojos
		Establecimiento de plantaciones forestales	Plantación forestal de latifoliadas
			Plantación forestal de coníferas
Tierras de cultivo	Tierras forestales que se convierten a tierras de Cultivo	Deforestación para la producción agrícola	Cultivos perennes
			Cultivos anuales
Pastizales	Tierras forestales que se convierten a pastizales	Deforestación para la producción agropecuaria	Pasto
Humedales	Tierras forestales que se convierten a humedales	Deforestación para otros usos de la tierra	No aplica
Asentamientos	Tierras forestales que se convierten a asentamientos	Deforestación para otros usos de la tierra	No aplica
Otras tierras	Tierras forestales que se convierten a otras tierras	Deforestación para otros usos de la tierra	No aplica

Fuente: MiAMBIENTE 2022.

6. ACTIVIDADES REDD+

De acuerdo con la Decisión 1 / CP.16, párrafo 70, el NREF/NRF fue establecido para servir como punto de referencia[25] para la implementación de las siguientes actividades REDD+:

1. Reducción de emisiones por deforestación

La eliminación y destrucción de los bosques, utilizando cualquier método, se considera deforestación cuando está por debajo de los límites de la definición de bosque[26]. 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.

La estimación de la deforestación, inició con una detección visual a partir de imágenes Landsat 8, Landsat 7, Sentinel-2 e imágenes de alta resolución en el último año del NRF. Se estableció cual uso tenía los puntos que están dentro de la parcela. En los casos que se detectó Tierra No Forestal, se realizó una verificación hacia años anteriores hasta el 2005 para determinar si en algún momento fue bosque. Luego, se asignó en la encuesta de Collect Earth Online el año de la deforestación o el año del cambio de uso.

En los casos que se detectó una deforestación en años intermedios del periodo de referencia 2005-2015, pero que al final de la serie temporal se observó bosque, la parcela fue reportada como “Incremento de las existencias de carbono forestal (Bosque Secundario)”.

2. Reducción de emisiones por degradación forestal

Se considera degradación forestal el detrimento de un bosque maduro, bosque secundario o cualquier tipo de bosque natural a vegetación arbustiva o rastrojo, así como la transformación a plantación. 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.

Basados en la evidencia de los cambios de uso del suelo compiladas en Collect Earth, y el conocimiento de experto sobre los procesos de degradación, estos bosques maduros cuando se perturban mediante la extracción de árboles maderables se transforman a rastrojos permaneciendo el sotobosque arbustivo.

Utilizando Collect Earth, el intérprete categorizó cada uno de los 25 puntos dentro de la parcela en los diferentes tipos de bosque (maduro, secundario, manglar o plantaciones forestales), observando las imágenes satelitales en el presente y durante cada año del período histórico. Luego, a través de una serie consecutiva de imágenes se revisó cuidadosamente si se observan cambios, sutiles o evidentes, en la reflectancia de la parcela.

25 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)

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

En este proceso fue importante asegurarse que no hubiese tala rasa o algún otro cambio de uso de la tierra, según definición seguía siendo bosque. Si la parcela se degradaba a rastrojo, perdía la categoría de bosque maduro o secundario y se transformaba a rastrojo.

La degradación forestal presenta varias dinámicas, incluyendo cambios estructurales en el dosel y el sotobosque. Los cambios o alteraciones en el sotobosque no se analizaron, sin embargo, se incluyeron las estimaciones de las emisiones por degradación basados en datos de extracción de madera, extracción para leña y los incendios forestales (estimando las emisiones de CO2 y no CO2). Esta dinámica de degradación ocurre muy a menudo en Panamá en tierras boscosas, sobre todo en bosques maduros y bosque secundarios. En esta sección, se tuvo el cuidado de no incurrir en doble contabilidad, ya que estos procesos o dinámicas (incendios y extracción de leña) ocurren solamente en tierras forestales que permanecen como tal y no se estiman en otras categorías. Además, los datos de actividad de incendios forestales no provienen de Collect Earth, sino de datos estadísticos recopilados por las oficinas regionales del Ministerio de Ambiente de Panamá.

Es importante mencionar que, los datos de incendios y extracción de leñas son datos estadísticos y no se traslapan con los datos de Collect Earth Online, ya que en la encuesta de Collect Earth no fueron contempladas estas dinámicas dentro de las tierras que permanecen como forestales. Para mayores detalles ver documento en la carpeta de anexos_FREL denominado “Anexo 9. Metodología para la estimación de datos de actividad para la degradación forestal en el contexto del nivel de referencia REDD+ de Panamá”.

Madera extraída de los bosques y áreas fuera del bosque

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 m^3/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 a 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 plantones 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.

Las actividades que producen la conversión de bosques a otros usos (deforestación), en su mayoría son ilegales, por lo que la madera de valor comercial talada en estas actividades no se comercializa; por lo que las estadísticas de madera aprovechada no incluyen madera de las áreas de bosques convertidas a otros usos.

En algunos limitados casos, es probable que se aproveche la madera comercial de los bosques que se talan bajo autorización del Ministerio de Ambiente, 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.

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 de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), 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).

Debido a que, no se cuenta con información que permita determinar las fuentes de leña, ni los sitios específicos de extracción; el equipo técnico del ministerio es consciente que, probablemente una parte de las estimaciones de las emisiones de GEI por el uso de la leña se contabilicen doblemente. Actualmente se desconoce la proporción sobre la que probablemente se esté realizando esta doble contabilidad, pero por la forma en que se genera la información actualmente no es posible desagregar esta información, a fin de descontar de los bosques fracción de esta biomasa.

Por las razones antes indicadas, el Ministerio de Ambiente tiene en perspectiva desarrollar un proceso de mejoras, que permita determinar con adecuados niveles de confianza, la cantidad de leña por fuentes y sitios de extracción, para una mejor contabilidad de las emisiones asociadas a la leña.

3. Incremento de las existencias de carbono forestal

Aumento de las 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. Esta transición pasa primero por vegetación arbustiva o rastrojo y luego, si se evidencia un cambio sucesional, 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.

Otra transición que se considera aumento de reservas de carbono son los rastrojos que se convierten a bosque secundario. Es importante mencionar, que con esta tecnología no se pudo evidenciar la transición de bosque secundario a bosque maduro, ya que ello se requiere contar con mayor tecnología y de una serie temporal más larga.

En la gráfica anterior se muestra el enfoque de interpretación al momento de observar las parcelas en término de aumento de los acervos de carbono con Collect Earth Online. Con esta herramienta se pudo observar la historia o antecedentes de las parcelas desde el periodo 2005 - 2015. Por ejemplo, si una parcela que fue deforestada en determinado momento y, por condiciones naturales o asistidas, inició una sucesión ecológica para pasar a rastrojo, y después de 5 años (sí no se altera y cumple con las especificaciones definidas para bosque en Panamá) se convirtió en un bosque secundario incrementando la biomasa forestal (aumento de stock).

Se considera que un Bosque secundario puede convertirse en Bosque maduro después de 50 años. Esta transición no se encontró en el periodo de referencia. En esta categoría, también se considera como aumento de stock de carbono a los pastos y tierras de cultivos que se abandonan y luego se transforman a plantaciones forestales (latifoliadas y coníferas).

4. Conservación de las existencias de carbono

Se consideran aquellas tierras forestales que permanecen como tales, ocasionadas 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 CO_2.

5. 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 CO_2 que resultan del manejo forestal.

Las actividades de conservación y manejo forestal no se reportan discriminadamente en este NREF, sino que serán reportadas de manera conjunta, ya que aún se está actualizando los polígonos de concesiones forestales. Una vez terminada la actualización se tendrá herramientas técnicas que permitan desagregar los bosques que están bajo aprovechamiento sostenible, y de las demás tierras forestales que posean otro tipo de gestión.

Más detalles sobre procesos metodológicos del Mapatón se encuentran en la carpeta Anexos_FREL en el documento denominado “Anexo 18. Protocolo para la interpretación de unidades de muestreo con imágenes de satélites utilizando la plataforma Collect Earth Online (CEO).

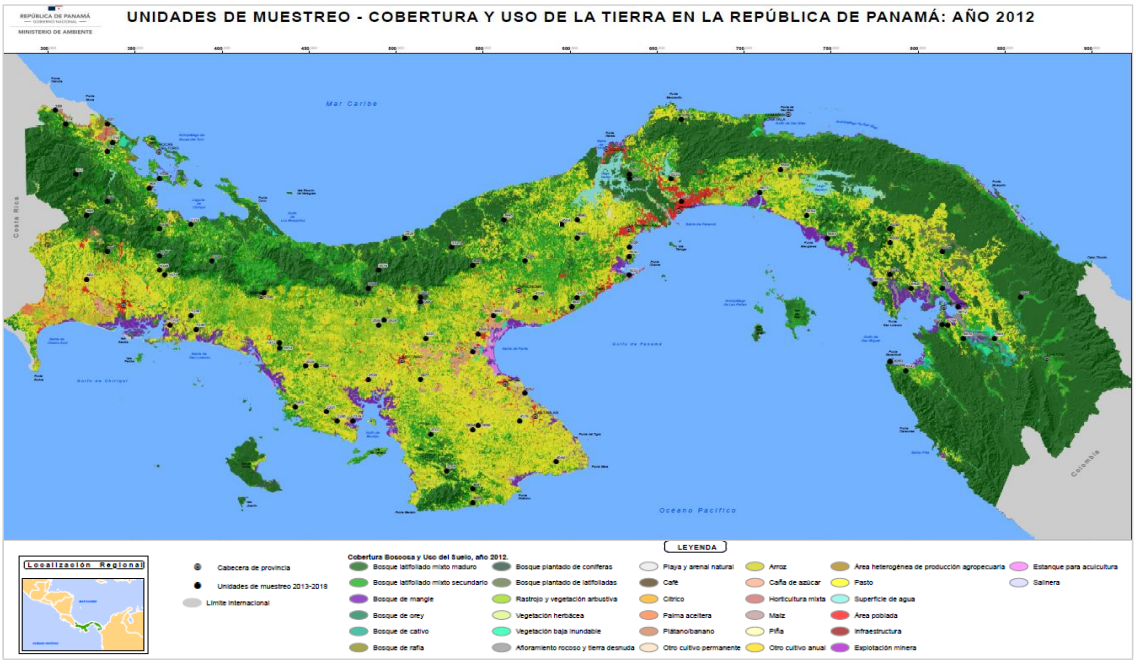
7. RECOPILACIÓN DE DATOS

7.1. 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 INF cuenta con el levantamiento de 87[27] Unidades de Muestreo, con cuatro parcelas 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 de árboles, análisis de suelo mediante calicatas, medición de madera muerta, tocones, lianas, regeneración, uso/cobertura de la tierra, entre otros, ver (**Figura 3**).

Figura 3. Distribución de las UM para el INFC



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

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

7.1.1. Diseño de muestreo

7.1.1.1. 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 cincos estratos generados se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Unidades de muestreo del primer ciclo del Inventario Nacional Forestal y de Carbono

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
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.

7.1.1.2. Estratificación

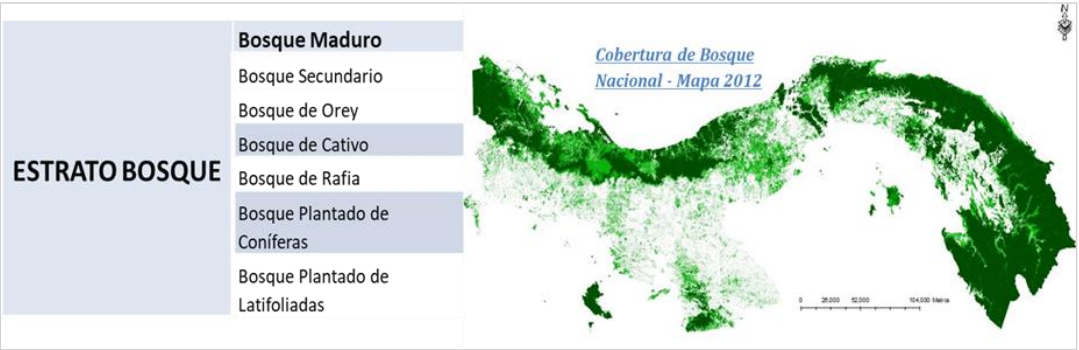
Para la estratificación de INFC se utilizó el mapa de cobertura y uso de la tierra del 2012. Esta malla inicial del INFC[28] se compone de 8327 puntos que están distribuidos de forma sistemática usando un distanciamiento de 3000 metros. Las UM seleccionadas se ubican en 7 de las 12 zonas de vida de

28 https://drive.google.com/open?id=0ByBGYgD77uxwS0xMVDB6a2hpeGs

Holdridge[29], las dominantes en el país reportadas para Panamá, las cuales se basan en precipitación anual y biotemperatura media anual. 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.

).

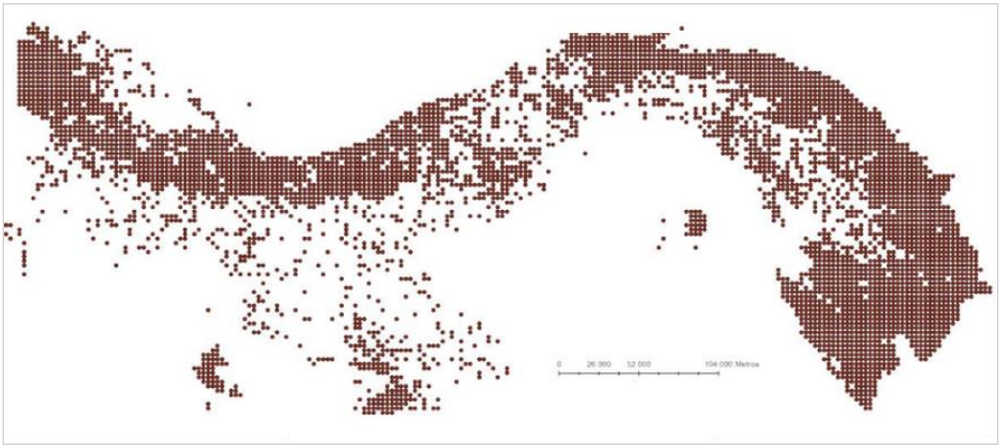
Figura 4. Estrato de bosque, agrupando las unidades de muestreo en las categorías de bosques del mapa de cobertura y uso de la tierra 2012



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 las (**Figura 5 y 6**)

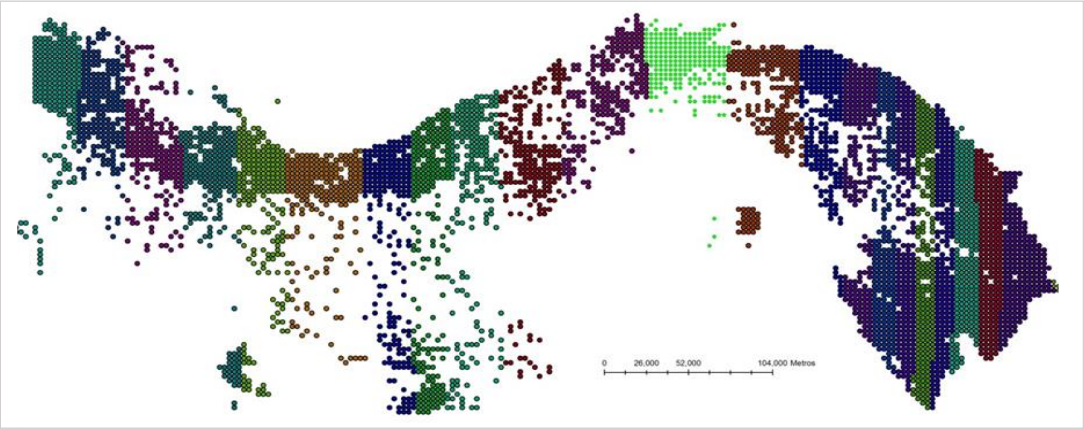
Figura 5. Red de unidades de muestreo filtradas



Fuente: MiAMBIENTE 2020.

29 Holdridge, L. R. y G. Budowski. 1956. Report of an Ecological Survey of the Republic of Panama. Caribbean Forester 17: 92-111, with life zone map.

Figura 6. 22 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 y no se han realizado remediciones, por lo que no es posible establecer cuál es el tratamiento cuando una parcela ha cambiado de uso.

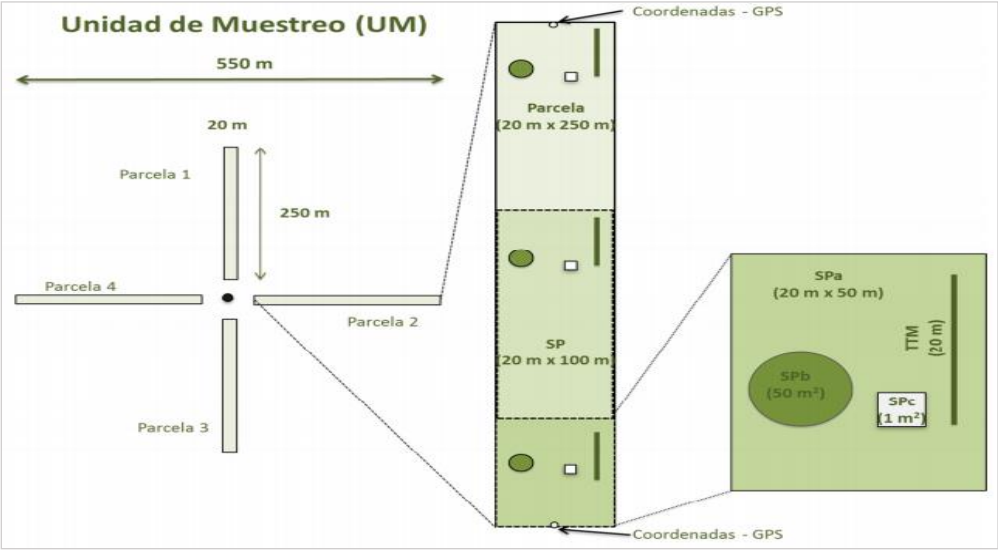
Actualmente el INFC está ampliando el muestreo, pero aún no se contempla dentro de los planes la remedición.

7.1.2. 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 (**Figura**). 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 socioeconómica[30].

Figura 7. 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)

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.

7.1.3. 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:

1. **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.
2. **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.

[30] Más información en el Anexo 6

3. **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.
4. **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.
5. **Carbono Orgánico del suelo:** El carbono en suelos se excluyó debido a que Panamá no cuenta con suficiente información sobre este compartimento. Más adelante se explica el sustento del por qué se excluyó.

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.

7.2. Datos de actividad-usos y cambios de uso de la tierra

7.2.1. Diseño de muestreo de los datos de actividad

El diseño de muestreo empleado para la obtención de datos de actividad geoespaciales es un muestreo aleatorio estratificado en 4 estratos estadísticos y post estratificado en 3 regiones climáticas. En este proceso se contó con la asesoría del Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS) y profesionales de la FAO.

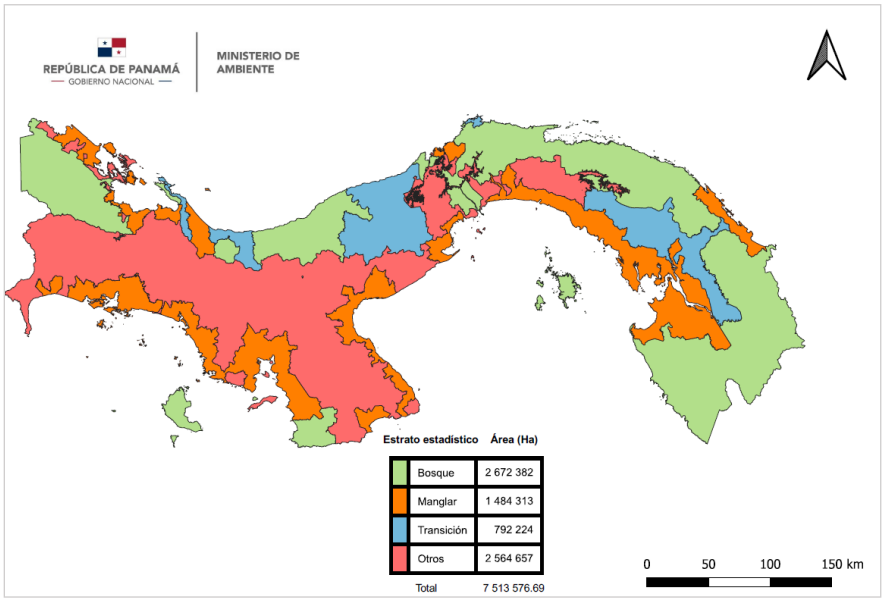
A continuación, se describe brevemente los pasos seguidos y se citan los informes que contienen la información detallada de cada proceso.

7.2.1.1. Muestreo aleatorio estratificado en cuatro estratos

Para construir los polígonos de los cuatro estratos, se utilizaron como insumos de planeación el mapa de cobertura y uso de la tierra 2012, y el mapa de bosques y otras tierras boscosas de Panamá 2019. Sobre estos mapas se proyectaron los resultados del muestreo de uso de la tierra del “Mapatón_2017” (FREL 2017), y se exploraron opciones de estratificación que permitieran mejorar la estimación de los datos de actividad de uso de la tierra (los datos que en su conjunto contribuyen con más del 95% del inventario de gases de efecto invernadero del sector uso de la tierra, cambio y uso de la tierra y silvicultura - UTCUTS), de acuerdo con las guías del IPCC 2006 (Vol. 4. Cap. 4.). Como resultado de este proceso se determinó que un muestreo aleatorio en cuatro estratos (polígonos), permitirá mejorar la estimación de datos de actividad, disminuyendo el error de estimación, y la incertidumbre total del inventario del sector UTCUTS.

Los polígonos de los cuatro estratos se delinearon combinando los polígonos del mapa de corregimientos, que son la unidad administrativa mínima cartográfica del país, y en su totalidad suman una superficie oficial de 7,513,576.69 hectáreas (**Figura 8**). Se tomó esta decisión de construir estratos con polígonos que no cambien de un año a otro como podría ser por ejemplo un polígono de una cobertura boscosa u otro uso de la tierra (siguiendo lo propuesto en MiAMBIENTE 2020b).

Figura 8. Estratos estadísticos para el muestreo aleatorio estratificado



Fuente: MiAMBIENTE 2021.

7.2.1.2. Tamaño de la muestra y distribución de puntos

Como resultado del proceso de planeación se estableció que, un tamaño de muestra total (N) de 9,800 parcelas de muestreo, distribuidos aleatoriamente, mejoran la representatividad estadística de los datos de actividad estimados (disminuir el error de muestreo). A continuación, se presenta la tabla en la cual podemos apreciar una columna denominada "ESTRATO ESTADÍSTICO", en la cual el estrato BOSQUE contiene parcelas que en su mayoría serán de Tierras forestales como bosque maduro. Esto no quiere decir que no exista solamente este tipo de uso, pero mayormente estará predominado por bosque estable.

Por mencionar otro estrato como el de Transición, en este estrato se espera que estén en su mayoría parcelas que presenten cambio de uso de la tierra, pero podemos encontrar parcelas de otros usos en menor cantidad. La distribución de la muestra total N en los cuatro estratos estadísticos se realizó usando la asignación de Neyman (MIAMBIENTE 2021b).

Tabla 5. Distribución de muestra total (N) usando asignación de Neyman

ESTRATO ESTADÍSTICO	ÁREA (ha)	Tamaño de muestra (n)
BOSQUE	2,672,382	3,215

MANGLAR	1,484,313	1,863
OTROS	2,564,657	3,799
TRANSICIÓN	792,224	923
TOTAL	7,513,576.69	9,800

Fuente: MIAMBIENTE (2020b)

Las muestras se distribuyeron aleatoriamente en cada estrato usando la herramienta de geometría fractal (Space filling curves) en ArcGis (MIAMBIENTE 2020c). Esta herramienta permite que cada conjunto de puntos asignado aleatoriamente represente exactamente la misma área del estrato al que corresponda (Lister y Scott, 2009).

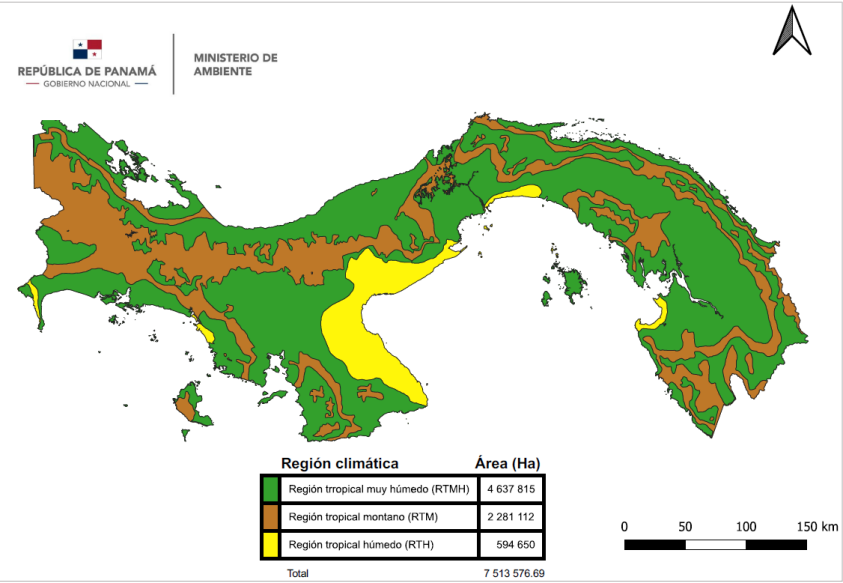
7.2.1.3. Post estratificación de los datos de muestreo

Para el cálculo del inventario de gases de efecto invernadero se emplearon factores de emisión por defecto del IPCC 2006 como factores de emisión de país, los cuales se encuentran divididos por región climática, por lo tanto, es importante seleccionar los factores de emisión que mejor representen las condiciones del país.

Para lograr lo anterior, se realizó una homologación de las regiones climáticas del IPCC con las regiones climáticas de Panamá, el resultado de este proceso es un mapa con tres regiones climáticas (**Figura 9**). Las siguientes regiones climáticas son:

1. Región Tropical Muy Húmeda (RTMH)
2. Región Tropical Húmedo (RTH)
3. Región Tropical Montano (RTM)

Figura 9. Regiones climáticas de Panamá



Fuente: MiAMBIENTE 2020.

La combinación de los cuatro estratos estadísticos originales y las tres regiones climáticas de Panamá resultó en un total de doce estratos (or UTCUTS.
Tabla *6*). Este proceso de post estratificación permitió: 1. Mejorar la representatividad estadística de los cálculos de áreas de uso de la tierra; 2. Contar con datos de actividad por región climática, y seleccionar factores de emisión específicos por región climática, resultando en una menor incertidumbre global del inventario de gases de efecto invernadero del sector UTCUTS.

Tabla 6. Post estratificación de muestra total (N) por región climática

ESTRATOS	ÁREA (ha)	Tamaño de muestra (n)
BOSQUE_RTH	3,526	5
BOSQUE_RTM	979,708	1,151
BOSQUE_RTMH	1,689,148	2,059
MANGLAR_RTH	225,507	282
MANGLAR_RTM	219,390	286
MANGLAR_RTMH	1,039,416	1,295
OTRO_RTH	363,205	543
OTRO_RTM	854,708	1,274
OTRO_RTMH	1,346,744	1,982
TRAN_RTH	2,411	1
TRAN_RTM	227,307	262
TRAN_RTMH	562,506	660
TOTAL	7,513,576.69	9,800

Fuente: MiAMBIENTE 2020.

***RTH: REGIÓN TROPICAL HÚMEDA;**
RTM: REGIÓN TROPICAL MONTANO;
RTMH: REGIÓN TROPICAL MUY HÚMEDO

7.2.2. Diseño de la muestra

Los datos geoespaciales de uso de la tierra se obtuvieron mediante la interpretación visual de imágenes satelitales de alta y mediana resolución (Landsat 7, Landsat 8, Sentinel 2 e imágenes de alta resolución).

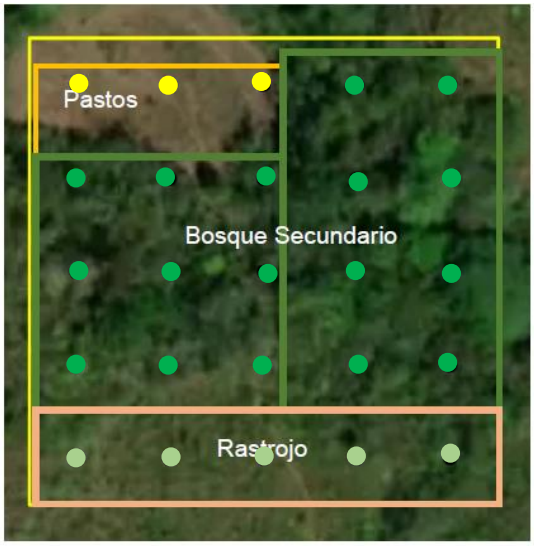
El proceso que se siguió desde la definición de las unidades de muestreo hasta la obtención de la versión final de la base de datos geoespaciales se describe brevemente, y se hace referencia a los informes técnicos y archivos que contienen la información detallada.

7.2.2.1. Definición de unidades de muestreo

La unidad de muestreo consistió en parcelas de 1 ha. En total, se observaron 9,800 parcelas distribuidas aleatoriamente en cuatro estratos. Una ventaja de la herramienta Collect Earth Online es que permite

crear puntos de observación en cada unidad de muestreo, por lo tanto, se asignaron 25 puntos en cada parcela (**Figura 10**).

Figura 10. Unidad de muestreo con 25 puntos de observación que registran 3 usos de la tierra



Fuente: MIAMBIENTE (2021b)

Con la asignación de 25 puntos de observación, en cada unidad de muestreo, se puede registrar más de un uso de la tierra en cada parcela (**Figura 10**), por lo tanto, esto se traduce en el incremento de la muestra original de 9,800 parcelas de muestreo a 245,000 puntos de muestreo y presenta las siguientes ventajas:

1. Al incrementar el número de puntos de muestreo, se incrementó la probabilidad de registrar cambios de uso de la tierra que ocurren en unidades de superficie menores que una hectárea.

2. Al contar con un mayor número de puntos también se reduce el error de muestreo o error de estimación.

3. Se mejora la precisión de la estimación tanto en paisajes fragmentados como en paisajes simples o uniformes (Lister, 2020). Sin embargo, de la misma forma que este método incrementa la precisión de la estimación, también incrementa la posibilidad de cometer errores de interpretación.

   Por ejemplo, en cada uno de los 25 puntos de muestreo dentro de una parcela, se debía registrar un uso de la tierra, y al no haber un sistema de validación dentro de CEO para transiciones

incorrectas, el resultado fue que se registraron una gran cantidad de categorías de cambio de uso de la tierra que no son ecológicamente posibles en el periodo de un año.

A estos cambios se les denominó “transiciones ilógicas” y requirieron un proceso exhaustivo de control de calidad (Ver sección Control de Calidad (3.4).

7.2.3. Colecta de datos

7.2.3.1. Capacitación de técnicos

La capacitación y entrenamiento de técnicos se realizó durante la semana del 3 al 7 de mayo de 2021, y se abordaron los siguientes temas:

1. El sistema de clasificación de coberturas y uso de la tierra a ser interpretados en las imágenes satelitales;
2. Las fuentes de imágenes satelitales disponibles;
3. El uso de la plataforma Collect Earth Online, y
4. Las reglas de interpretación. Este proceso estuvo coordinado por la Dirección de Cambio Climático y la Dirección de Información Ambiental del Ministerio de Ambiente. El informe detallado del proceso de capacitación se puede consultar en el documento: “Protocolo de interpretación de imágenes satelitales para la realización del Mapatón 2021 con CEO” (MIAMBIENTE 2021c).

7.2.3.2. Interpretación de imágenes

La obtención de datos geoespaciales, mediante la interpretación de imágenes de satélite fue realizado por 20 técnicos previamente capacitados. Este proceso se realizó durante el mes de mayo de 2021, y cada técnico interpretó en promedio 25 muestras por día. Durante el proceso de interpretación se implementaron los siguientes protocolos de control de calidad:

1. Se contó con el seguimiento de 3 técnicos especialistas en interpretación. Este personal respondió las preguntas y dudas que surgieron por parte de los técnicos en el proceso de interpretación. Se estima que se revisaron y verificaron en total 1300 parcelas (un 12% del total de parcelas interpretadas);
2. Los usuarios también tenían la opción de etiquetar una parcela en caso de considerar que la interpretación ameritaba una segunda revisión (MIAMBIENTE 2021c). En total se etiquetaron 200 parcelas que se verificaron durante el proceso de control de calidad.

7.2.3.3. Procesamiento de datos geoespaciales

Los resultados de la interpretación de 9,800 parcelas de muestreo (245,000 puntos de observación) reposan en la base de datos en línea de Collect Earth Online. Esta base de datos se compone de 58 archivos en formato *.csv (separado por comas).

Estos archivos se descargaron y guardaron para procesarlos en el programa estadístico **r**. En el programa r se realizaron los procedimientos descritos en el documento "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" (MIAMBIENTE 2021e), de manera general:

1. Seleccionar columnas de interés. Algunos de los archivos originales tienen hasta 700 columnas con datos, por lo tanto, se seleccionaron únicamente 28 columnas de interés para los análisis estadísticos.

2. Eliminar celdas vacías. Los archivos originales contenían filas sin información, por lo tanto, únicamente se seleccionaron las filas que contenían información.

3. Se renombraron las categorías de uso de la tierra. Se cambiaron los nombres largos de las categorías de uso de la tierra por formatos de nombre corto (Tabla 7). Esto se hizo con la finalidad de mejorar la gestión de la información en la base de datos.

4. Con el nuevo formato de nombre corto se determinaron las categorías estables y las categorías de cambio para cada año de la serie temporal, por ejemplo, si un bosque maduro permaneció como bosque maduro en el 2000_2001 la etiqueta correspondiente es F_F, similarmente si un bosque maduro cambio a la categoría pasto la etiqueta correspondiente sería F_G (Ver sección 4. Resultados).

Tabla 7. Etiquetado de categorías de uso de la tierra para análisis estadístico

Categoría en archivo de salida CEO	Etiqueta para análisis estadístico
Bosque maduro	F
Bosque secundario	S
Bosque plantado de coníferas	C
Bosque plantado de latifoliadas	L
Rastrojo	R
Pasto	G
Asentamientos	I
Cultivos anuales	A
Cultivos permanentes	P
Humedales	W
Otras tierras	O
Bosque de mangle	M

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

7.2.3.4. Control de calidad de la base de datos

En cada punto de muestreo se registró una de las doce posibles categorías de uso de la tierra (Tabla 8). Este proceso se repitió para cada año de la serie temporal 2005-2015 (10 años en total), de tal forma que, para cada punto de muestreo en un período dado, por ejemplo 2005-2006, se puede tener un uso de la tierra que permaneció como tal, o un uso de la tierra que cambió a otro uso de la tierra. Por ejemplo, F_F, constituye un punto de muestreo que registró un bosque maduro que permaneció como bosque maduro en 2005-2006, y F_G, es un punto de muestreo que registró un bosque maduro que cambió a pastizal en el 2005-2006.

De esta forma se tiene que para un período dado (por ejemplo 2005-2006), cada punto de muestreo pudo registrar una de las doce posibles categorías de uso de la tierra que permanecieron como tal, o una de las 132 (máximo teórico) posibles combinaciones de categorías de uso de la tierra, que cambiaron.

En realidad, el número de combinaciones registradas en la base de datos fue menor, sin embargo, se registraron combinaciones de cambio de uso de la tierra que se consideran "ilógicas" ya que estos cambios no pueden darse en el período de un año (Tabla 8). Por lo tanto, como parte del control de calidad un equipo de tres técnicos en interpretación del equipo de la Dirección de Cambio Climático, y uno de la FAO revisitaron y reclasificaron en total 1,500 parcelas de muestreo equivalente a 37,500 puntos de muestreo (25 puntos por cada parcela de muestreo).

En reuniones técnicas sostenidas en 2017 con equipos de ingenieros forestales y expertos en teledetección, se discutieron estas "transiciones ilógicas", y se llegó a la conclusión que, desde el punto de vista ecológico, estos cambios de uso de la tierra en 1 año no se pueden dar, por eso las hemos denominado Transiciones ilógicas.

Tabla 8. Transiciones de uso de la tierra en la base de datos del Mapatón 2021 que se consideran "ilógicas"

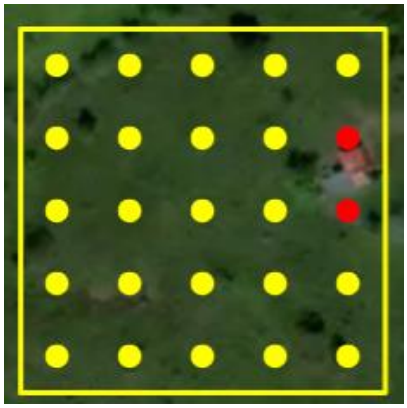
Símbolo en la base de datos	Nombre de las categorías
A_S	Cultivo anual que cambió a bosque secundario
A_F	Cultivo anual que cambió a bosque maduro
C_L	Plantación de coníferas que cambió a plantación de latifoliadas
F_M	Bosque maduro que cambió a manglar
F_S	Bosque maduro que cambió a bosque secundario
G_S	Pasto que cambió a bosque secundario
G_F	Pasto que cambió a bosque maduro
I_S	Asentamiento que cambió a bosque secundario
M_F	Manglar que cambió a bosque maduro
M_S	Manglar que cambió a bosque secundario
M_L	Manglar que cambió a plantación latifoliadas
O_F	Otras tierras que cambiaron a bosque maduro
O_S	Otras tierras que cambiaron a bosque secundario
P_F	Cultivo permanente que cambió a bosque maduro
R_F	Rastrojo que cambió a bosque maduro
S_F	Bosque secundario que cambió a bosque maduro
S_M	Bosque secundario que cambió a manglar

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Nota: Estas transiciones se consideran “ilógicas” ya que no pueden darse en un período de un año.
EL proceso de exclusión de las parcelas que tenga transiciones ilógicas se realiza de manera semiautomática. Este proceso consiste en revisar la base de datos completa en Excel a través de filtros por cada una de las columnas. Luego que se tiene por ejemplo una transición de Manglar a Bosque maduro, se busca su ID, el nombre del interprete y el proyecto en Collect Earth Online y se revisa la parcela y se corrige. Como resultado se validaron 60 posibles transiciones de uso de la tierra que pueden ocurrir en periodos anuales en la serie temporal 2005-2015. (Ver sección 4. Resultados).

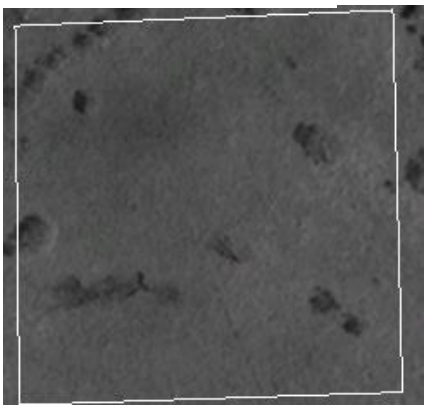
Para ilustrar el detalle del proceso de interpretación de usos de la tierra en cada unidad de muestreo, y consecuentemente del control de calidad requerido; se presentan dos ejemplos de parcelas que registraron cambios de uso de la tierra. En el primer ejemplo, (**Figura 12**), se observa una parcela de muestreo en el año 2012 con uso de la tierra de pastizal, en este caso a los 25 puntos dentro de la parcela se les asignó el uso de “pastizal”. Esta misma parcela presentó un cambio de uso en el año 2015 (**Figura 11**), sin embargo, este cambio únicamente se observó en dos puntos de muestreo, por lo tanto, se registró el cambio de uso de pastizal a asentamientos para esos dos puntos.

Figura 11. Asentamiento en dos puntos dentro de una unidad de muestreo



Fuente: Collect Earth Online 2015.

Figura 12. Cambio de uso de la tierra de “pastizal” a “asentamiento”



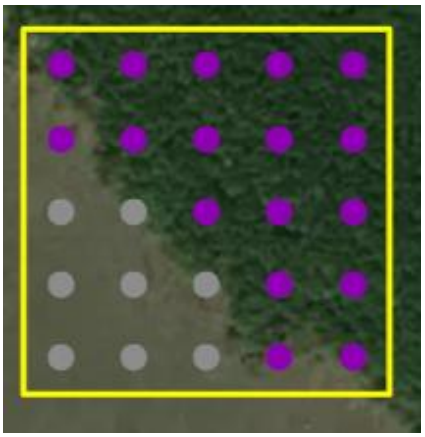
Fuente: Google Earth 2012.

En el segundo ejemplo se observa una parcela que en el año 2005 presentó dos usos de la tierra “Otras tierras” (playa) y “Manglar” (**Figura 13 y 14**), sin embargo, en el año 2015 algunos puntos que registraron el uso de “Otras tierras” ya habían cambiado a uso de “Manglar” (**Figura 14**), por lo tanto, este fue un cambio que se registró y se verificó mediante el control de calidad.

Figura 13. Cambio de uso de la tierra de "Otras tierras"

Fuente: Google Earth 2012.

Figura 14. a "Manglar"



Fuente: Collect Earth Online 2015.

8. PROCESAMIENTO DE DATOS

8.1. 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.

8.1.1. Métodos de Estimación para Factores de Emisión

8.1.1.1. 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 · h · f (ecuación 1)

Donde:
vtot = volumen total del fuste del árbol (m^3)
g = área basal del árbol (m^2)
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

8.1.1.2. 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 $= g \cdot h_c \cdot f$ (ecuación 2)

Donde:
vcom = volumen comercial del árbol (m^3)
g = área basal del árbol (m^2)
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 · (ρ · dap2 · h) 0,976.

8.1.2. Biomasa aérea

8.1.2.1. 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)[31]:

ba $= 0.0673 \cdot (\rho \cdot dap^2 \cdot h)^{0.976}$ (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/cm^3)

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

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

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 DRYAD[32] 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/cm^3.

Nota aclaratoria: El uso de la densidad de la madera se explica detalladamente en el documento del protocolo de cálculo. Pero en general, 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 mencionadas, correspondiente a 0,6277 g/cm3. A cada árbol del INF 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.

8.1.2.2. Palmas y helechos arbóreos

Para las especies de palmas se utilizó la ecuación alométrica de Goodman et al. (2013)[33]:

$$\mathbf{ba = 0.55512^4 \cdot 0.37 \cdot dap^2 \cdot hf} \qquad \textbf{(ecuación 4)}$$

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/cm^3)

Para los helechos arbóreos se utilizó la ecuación alométrica de Tiepolo et al. (2002)[34]:

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

Donde:
h = altura total del helecho (m)

32 https://datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.234

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

34 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

8.1.2.3. Lianas

Para las lianas se utilizó el modelo de biomasa de S. Schnitzer et al. (2006)[35]:

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

Donde:
ba = biomasa aérea, peso seco (kg)
dap = diámetro a la altura del pecho (cm)

8.1.3. 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)[36] para bosques tropicales.

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

Donde:
bs = biomasa subterránea, peso seco (t/ha)
ba = biomasa aérea, peso seco (t/ha)

8.1.4. 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)[37], 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).

8.1.5. Carbono en madera muerta – tocones

Los tocones se midieron en subparcelas de 20 x 50 m (1000 m^2), en total 4 subparcelas por UM. Primero, se calculó el volumen de cada tocón utilizando la fórmula de Smalian:

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

Donde:

vtoc = volumen del tocón (m^3)
d_1 y d_2 = diámetro menor y mayor del tocón (cm)
h = altura del tocón (m)

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

36 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

37 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

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 9.

Tabla 9. 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
[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.

8.1.6. Carbono en madera muerta caída

Para estimar el volumen por hectárea que representa cada transecto, se utilizó la siguiente fórmula (Wagner, 1964)[38]:

$$\mathbf{vmmc} = \frac{\boldsymbol{\pi^2 \cdot \sum_1^n d}^{\ 2}}{\mathbf{8 \cdot l}} \qquad \textbf{(ecuación 9)}$$

Donde:
vmmc = volumen de la madera muerta caída (m^3/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 10 se muestran los valores por categoría:

Tabla 10. Valores de densidad y fracción de carbono para madera muerta caída en función de su descomposición

Categoría de descomposición	Densidad g/cm3	Fracción de carbono (%)
01]-Sin descomposición	0.63 (promedio especies)	47
[02]-Intermedio	0.50	40
[03]-Descompuesto	0.30	30

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

[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 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.

8.1.7. Carbono en hojarasca

La hojarasca se midió en varias subparcelas de 1 m^2 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 m^2 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:

$$\mathbf{c_{hr} = ph \cdot \left(1 - \frac{ch}{100}\right) \cdot c_{\%}} \qquad \textbf{(ecuación 10)}$$

Donde:

c_{hr} = carbono en hojarasca en una subparcela (g/m^2)
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 11.

Tabla 11. 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/m^2 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 CO_2 equivalente, se multiplicó el contenido de carbono por la constante 3.67.

8.1.8. Estimación del error de muestreo

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

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

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:

$$\mathbf{e_y = \sqrt{\frac{s_y^2}{n}}} \qquad \textbf{(ecuación 12)}$$

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)[39].

8.1.9. 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 11).

Tabla 12. 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 m2 = 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.

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

El cálculo de áreas de uso y cambio de uso de la tierra se realizó usando dos herramientas de cálculo que son comparables entre sí y se obtienen los mismos resultados, siendo la única diferencia que la primera herramienta permite calcular los errores de muestreo.

Herramienta 1. Herramienta preparada por el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS)
El cálculo de áreas de uso y cambio de uso de la tierra (datos de actividad) se realizó por estimación de superficies mediante proporciones. Para ello, se calcula la proporción de cada categoría de uso de la tierra dividiendo la cantidad de puntos localizados en la categoría específica por el número total de puntos. Las estimaciones de superficie para cada categoría de uso de la tierra se obtienen multiplicando la proporción de cada categoría por la superficie total (Vol. 4. Cap 3. P. 38. Guías IPCC 2006). Los cálculos se realizaron usando una hoja de Excel que fue programada por el Servicio Forestal de los Estados Unidos[40].

Herramienta 2. Pivot tables

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

40 El instructivo para el uso de la herramienta de cálculo y las fórmulas empleadas se detallan en el Anexo 16

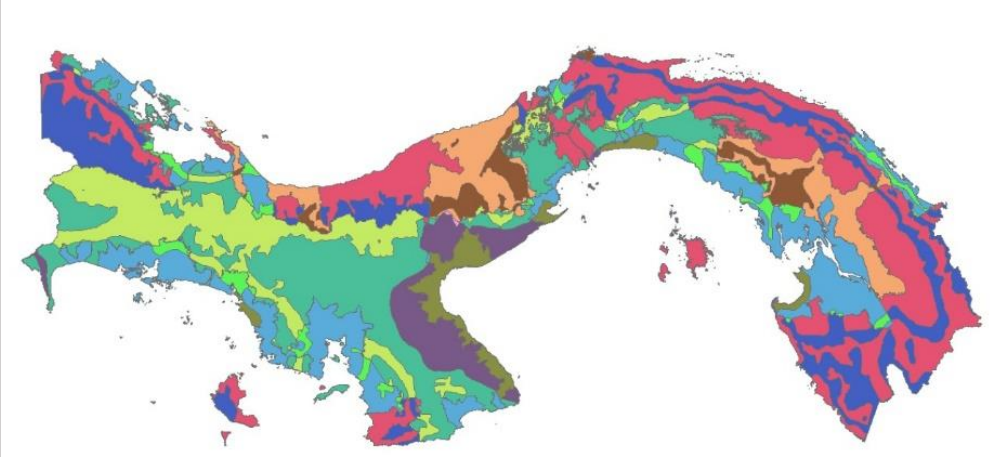
Para poder tener mayor claridad de este proceso, debemos entender que la muestra es de 9,800 parcelas de 1 hectárea y que dentro de cada parcela hay 25 subpuntos que representan una superficie dependiendo del estrato a la que pertenezcan. A este valor lo llamaremos Factor de ajuste (FA).

Collect Earth es capaz de realizar el cálculo de los factores de expansión (el área que representa una cada uno de los 25 subpuntos) siguiendo las directrices del IPCC (Volumen 4. Capítulo 3. Anexo 3A.3.6).

A continuación, un paso a paso de cómo se calcularon las áreas:

1. Lo primero que se realizó fue armonizar las capas o shapefiles que se utilizaron en el muestreo (capas de estratos y la de regiones climáticas) para que las áreas sean exactas, cumpliendo el principio de consistencia.
2. Una vez armonizados los shapefiles de estratos (Bosque Estable, Estrato Manglar, Estrato Transición y Otras Tierras) y el de regiones climáticas (Tropical muy Húmedo, Tropical Montano y Tropical Húmedo), se procesaron en un Intersect de ArcGIS para que estos dos estratos guardaran relación al momento de montar las parcelas. Esto dio un resultado de 12 combinaciones que llamamos estratos-climas.

Figura 15. Resultado del cruce de el shapefile de estratos y regiones climáticas

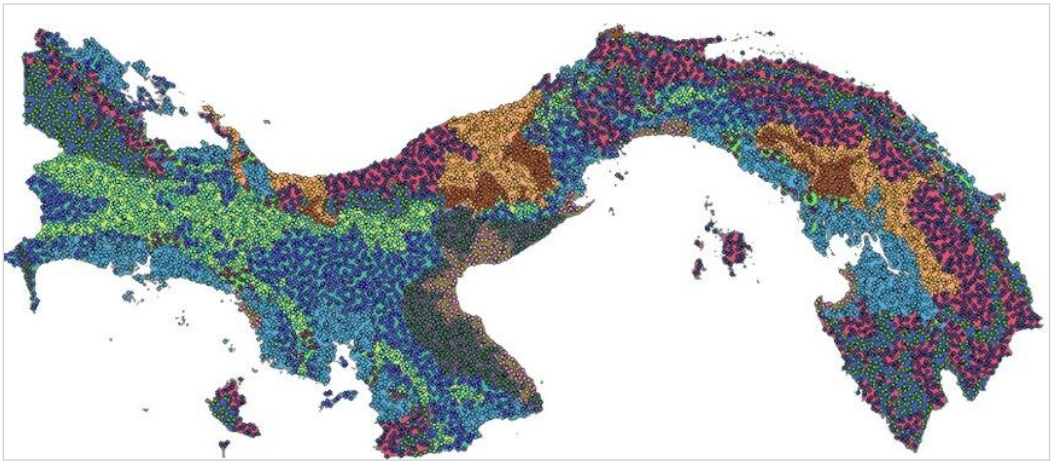


Fuente: MiAMBIENTE 2020.

Es importante mencionar que esta consolidación de capas se realizó con el objetivo de tener áreas más precisas y consistentes con el muestreo.

3. Una vez consolidado el shapefile denominado estratos-climas, se asignó la muestra de 9,800 parcelas. Luego se volvió a correr un Intersect en ArcGIS para vincular las parcelas a los 12 estratos climas y tener un shapefile de puntos con la información necesaria para ejecutar calcular los Factores de expansión (para las parcelas de CEO)
4. Figura 16

Figura 16. Resultado de las 9800 parcelas con la información de estratos-climas



Fuente: MiAMBIENTE 2021.

5. Ahora exportamos los resultados para realizar el cálculo de los factores de expansión (el área que representa una parcela), aplicando las formula que viene en las directrices del IPCC (Volumen 4. Capítulo 3. Anexo 3A.3.6):

$$\boldsymbol{Ai = \sqrt{pi * (1 - pi)/(n - 1)}}$$

Donde:
pi: es la proporción de puntos de la categoría de uso de la tierra en cuestión i;
A: la superficie total conocida, y
n: el número total de puntos de muestra.

Para Ai el intervalo de confianza es del 95% para la categoría de uso de la tierra estimada i, viene dado aproximadamente por ±2 veces el error estándar.

Como resultado de este proceso se pudo calcular las siguientes áreas para cada una de las submuestras de la parcela:

Tabla 13. Factor de Expansión

N°	Estratos-Clima	Factor de Expansión (ha)
1	Bosque Estable-RTMH	32.8149
2	Bosque Estable-RTM	34.0471
3	Bosque Estable-RTH	28.2102
4	Estrato Manglar-RTMH	32.1055
5	Estrato Manglar-RTM	30.6838
6	Estrato Manglar-RTH	31.9868
7	Estrato Transición-RTMH	34.0912
8	Estrato Transición-RTM	34.7032

9	Estrato Transición-RTH	96.4541
10	Otras Tierras-RTMH	27.1795
11	Otras Tierras-RTM	26.8354
12	Otras Tierras-RTH	26.7554

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

9. RESULTADOS

9.1. Resultados del inventario nacional forestal y de carbono de panamá, levantamiento de información 2013-2018 (INCF)

En la Tabla 14 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 14. 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 (TC/Ha)	Madera muerta (TC/Ha)	Hojarasca (TC/Ha)	MOM (TC/Ha)	Total (TC/Ha)
Bosque Maduro	160.55	18.49	2.41	20.9	**202.35**
Bosque Secundario	94.17	12.74	2.44	15.18	**124.53**
Rastrojo	28.72	11.99	1.6	13.59	**55.9**
Manglar	75.67	10.86	0.02	10.88	**97.43**
Plantación de Latifoliadas	41.49	3.83	2.31	6.14	**53.77**
Plantación de coníferas	162.61	6.13	0	6.13	**174.87**
Pastos	12.72	1.45	0.3	1.75	**16.22**
Cultivos anuales	9.59	7.55	1.17	8.72	**27.03**
Cultivos Permanentes	48.96	4.05	1	5.05	**59.06**

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

9.2. Resultados de datos de actividad-usos y cambios de uso de la tierra

En las siguientes páginas, se presentan los resultados de la estimación de los datos de actividad en hectáreas y los errores de estimación. La información se presenta en períodos anuales, desglosado por región climática y agrupado por actividades de reporte REDD+.

A continuación, se definirá las nomenclaturas de las columnas de la siguiente tabla 14:

F_F: Bosque Maduro que permanece como tal
S_S: Bosque Secundario que permanece como tal
M_M: Manglar que permanece como tal
R_R: Rastrojo que permanece como tal
L_L: Plantación Latifoliada que permanece como tal
C_C: Plantación Coníferas que permanece como tal

Tabla 15. Datos de actividad para conservación de las reservas forestales de carbono y gestión sostenible de los bosques.

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

PERÍODO	REGIÓN CLIMÁTICA	TIERRAS FORESTALES QUE PERMANECIERON COMO TAL											
		F_F (ha)	error	S_S (ha)	error	M_M (ha)	Error	R_R (ha)	error	L_L	error	C_C	error
2005-2006	RTMH	1,667,288	3%	895,901	5%	145,725	13%	335,872	8%	58,438	22%	4,213	73%
2005-2006	RTM	1,127,382	3%	410,835	7%	7,425	60%	137,853	12%	10,377	53%	2,415	100%
2005-2006	RTH	10,202	51%	59,352	18%	38,701	25%	41,248	24%	4,599	72%	0	0%
2006-2007	RTMH	1,664,408	3%	888,459	5%	145,725	13%	340,348	8%	57,037	22%	4,213	73%
2006-2007	RTM	1,125,850	3%	408,908	7%	7,425	60%	135,924	12%	10,377	53%	2,415	100%
2006-2007	RTH	10,202	51%	60,020	17%	38,701	25%	39,175	25%	4,599	72%	0	0%
2001-2008	RTMH	1,661,976	3%	879,246	5%	145,468	13%	342,617	8%	57,262	22%	4,213	73%
2001-2008	RTM	1,123,189	3%	405,671	7%	7,518	60%	135,504	12%	11,144	51%	2,415	100%
2001-2008	RTH	10,202	51%	62,535	17%	39,245	25%	43,377	24%	4,599	72%	0	0%
2008-2009	RTMH	1,657,581	3%	868,640	5%	144,826	13%	336,765	8%	57,744	22%	4,213	73%
2008-2009	RTM	1,119,930	3%	395,613	7%	7,610	59%	133,705	12%	11,144	51%	2,415	100%
2008-2009	RTH	10,202	51%	60,306	17%	39,469	25%	42,360	24%	4,599	72%	0	0%
2009-2010	RTMH	1,655,378	3%	870,263	5%	145,339	13%	336,822	8%	55,443	23%	3,941	75%
2009-2010	RTM	1,119,452	3%	397,518	7%	7,456	60%	136,811	12%	11,815	49%	2,415	100%
2009-2010	RTH	10,202	51%	60,146	17%	39,565	25%	44,022	24%	5,027	68%	0	0%
2010-2011	RTMH	1,645,893	3%	875,580	5%	145,436	13%	354,608	8%	55,846	23%	3,941	75%
2010-2011	RTM	1,118,378	3%	403,025	7%	7,456	60%	146,008	12%	11,815	49%	2,415	100%
2010-2011	RTH	10,202	51%	60,684	17%	39,757	24%	45,139	23%	5,027	68%	0	0%
2011-2012	RTMH	1,641,334	3%	875,188	5%	145,436	13%	356,994	8%	55,705	23%	3,941	75%
2011-2012	RTM	1,116,584	3%	401,854	7%	7,456	60%	144,926	12%	11,815	49%	2,415	100%
2011-2012	RTH	10,202	51%	60,443	17%	40,301	24%	43,136	24%	5,027	68%	800	196%
2012-2013	RTMH	1,639,168	3%	875,857	5%	145,660	13%	351,598	8%	56,095	23%	3,941	75%
2012-2013	RTM	1,115,368	3%	400,944	7%	7,456	60%	144,156	12%	11,815	49%	2,415	100%
2012-2013	RTH	10,202	51%	62,105	17%	40,301	24%	44,481	23%	5,027	68%	800	196%
2013-2014	RTMH	1,635,347	3%	884,192	5%	145,660	13%	365,534	8%	57,333	22%	4,213	73%
2013-2014	RTM	1,112,194	3%	403,986	7%	7,916	57%	144,483	12%	11,815	49%	2,415	100%
2013-2014	RTH	10,202	51%	62,009	17%	40,301	24%	43,358	24%	5,027	68%	800	196%
2014-2015	RTMH	1,627,961	3%	407,136	7%	146,335	13%	360,330	8%	58,551	22%	4,213	73%
2014-2015	RTM	1,111,132	3%	62,619	17%	7,610	59%	142,224	12%	11,815	49%	2,415	100%
2014-2015	RTH	10,202	51%	888,094	5%	40,301	24%	44,333	23%	5,027	68%	800	196%

A continuación, se definirá las nomenclaturas de las columnas de la siguiente tabla 15:

F_R: Bosque Maduro que pasa a Rastrojo
S_R: Bosque Secundario que pasa a Rastrojo

S_L: Bosque Secundario que pasa a Plantación Latifoliada
M_R: Bosque de Manglar que pasa a Rastrojo
R_S: Rastrojo que pasa a Bosque Secundario
R_M: Rastrojo que pasa a Manglar
L_S: Plantación Latifoliada que pasa a Bosque Secundario

Tabla 16. Datos de actividad reducción de emisiones derivadas de la degradación e incremento de las reservas forestales de carbono (los valores ya están en hectáreas)

		CAMBIOS ENTRE CATEGORIAS DE TIERRAS FORESTALES													
PERÍODO	**REGIÓN CLIMÁTICA**	**F_R**	**error**	**S_R**	**error**	**S_L**	**error**	**M_R**	**error**	**R_S**	**error**	**R_M**	**error**	**L_S**	**error**
2005-2006	RTMH	908	125%	6,925	53%	0	0	0	0	8,924	48%	0	0	0	0
2005-2006	RTM	268	196%	2,818	68%	0	0	0	0	3,685	63%	0	0	0	0
2005-2006	RTH	0	0%	990	139%	0	0	0	0	1,873	112%	0	0	0	0
2006-2007	RTMH	0	0	3,772	52%	0	0	0	0	12,855	38%	0	0%	0	0
2006-2007	RTM	0	0	3,060	76%	0	0	0	0	4,575	59%	0	0%	0	0
2006-2007	RTH	0	0	1,204	137%	0	0	0	0	2,729	91%	320	196%	0	0
2007-2008	RTMH	0	0	3,644	65%	0	0	0	0	12,255	41%	0	0	0	0
2007-2008	RTM	0	0	1,356	98%	0	0	0	0	4,531	60%	0	0	0	0
2007-2008	RTH	0	0	214	155%	0	0	320	196%	0	0%	0	0	0	0
2008-2009	RTMH	0	0	10,296	46%	0	0	0	0	12,287	41%	128	196%	0	0
2008-2009	RTM	0	0	5,952	51%	0	0	0	0	4,247	71%	0	0%	0	0
2008-2009	RTH	0	0	2,203	99%	0	0	0	0	80	146%	0	0%	0	0
2009-2010	RTMH	852	196%	1,963	61%	82	196%	0	0	17,950	33%	0	0	0	0
2009-2010	RTM	0	0%	838	85%	0	0%	0	0	8,943	48%	0	0	0	0
2009-2010	RTH	0	0%	80	146%	0	0%	0	0	1,127	128%	0	0	0	0
2010-2011	RTMH	784	196%	2,160	70%	0	0	0	0	11,933	41%	0	0	0	0
2010-2011	RTM	306	196%	1,141	86%	0	0	0	0	6,739	50%	0	0	0	0
2010-2011	RTH	0	0%	107	196%	0	0	0	0	669	196%	0	0	0	0
2011-2012	RTMH	98	196%	3,589	72%	0	0	0	0	13,473	39%	0	0	0	0
2011-2012	RTM	977	148%	2,620	84%	0	0	0	0	5,737	64%	0	0	0	0
2011-2012	RTH	0	0%	829	136%	0	0	0	0	2,030	104%	0	0	0	0
2012-2013	RTMH	34	196%	4,237	67%	0	0	0	0	20,181	33%	0	0	0	0
2012-2013	RTM	0	0%	2,132	89%	0	0	0	0	5,829	55%	0	0	0	0
2012-2013	RTH	0	0%	214	196%	0	0	0	0	134	117%	0	0	0	0
2013-2014	RTMH	1,098	153%	3,994	72%	0	0	0	0	16,521	38%	0	0	0	0
2013-2014	RTM	0	0%	1,075	110%	0	0	0	0	10,458	47%	0	0	0	0
2013-2014	RTH	0	0%	134	141%	0	0	0	0	990	138%	0	0	0	0
2014-2015	RTMH	34	196%	4,043	67%	0	0	0	0	20,611	33%	0	0	0	0
2014-2015	RTM	102	196%	3,589	73%	0	0	0	0	9,450	49%	0	0	0	0
2014-2015	RTH	0	0%	348	169%	0	0	0	0	321	108%	0	0	0	0

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

A continuación, se definirá las nomenclaturas de las columnas de la siguiente tabla 16:

A_R: Cultivo anual que pasa a Rastrojo
P_R: Cultivo Permanente que pasa a Rastrojo
G_R: Pastizales que pasan a Rastrojo
G_L: Pastizales que pasan a Plantaciones Latifoliadas
G_C: Pastizales que pasan a Plantaciones Coníferas

I_R: Asentamientos que pasan a rastrojos (específicamente alguna infraestructura que se abandona)
O_M: Otras tierras que pasan a Manglar
O_R: Otras tierras que pasan a Rastrojo
W_M: Humedales que pasan a Manglar
P_S: Cultivo Permanente que pasa a Bosque Secundario

Tabla 17. Datos de actividad incremento de las reservas forestales de carbono (los valores ya están en hectáreas)

OTRAS CATEGORÍAS QUE CAMBIARON A TIERRAS FORESTALES																					
PERÍODO	REGIÓN CLIMÁTICA	A_R	error	P_R	error	G_M	error	G_R	error	G_L	error	G_C	error	I_R	error	O_M	error	O_R	error	W_M	error
2005-2006	RTMH	1,491	121%	0	0	0	0	22,802	30%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005-2006	RTM	1,174	138%	0	0	0	0	5,505	53%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005-2006	RTH	0	0%	0	0	0	0	1,687	108%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006-2007	RTMH	1,925	100%	0	0	96	196%	27,471	26%	803	196%	0	0	0	0	0	0%	0	0	0	0
2006-2007	RTM	2,120	98%	0	0	552	196%	8,215	49%	767	196%	0	0	0	0	0	0%	0	0	0	0
2006-2007	RTH	0	0%	0	0	0	0%	3,667	74%	0	0%	0	0	0	0	544	196%	0	0	0	0
2007-2008	RTMH	2,175	94%	0	0	0	0%	24,560	28%	482	196%	0	0	0	0	0	0%	0	0	0	0
2007-2008	RTM	537	121%	0	0	153	196%	12,910	39%	0	0%	0	0	0	0	0	0%	0	0	0	0
2007-2008	RTH	0	0%	0	0	0	0%	1,659	114%	0	0%	0	0	0	0	224	196%	0	0	0	0
2008-2009	RTMH	4,780	73%	679	196%	610	139%	17,584	32%	34	196%	0	0	0	0	64	196%	0	0	32	196%
2008-2009	RTM	2,653	96%	0	0%	307	196%	10,453	47%	671	196%	0	0	0	0	0	0%	0	0	0	0%
2008-2009	RTH	0	0%	0	0%	0	0%	1,121	145%	428	196%	0	0	0	0	96	196%	0	0	0	0%
2009-2010	RTMH	4,173	75%	0	0	0	0%	29,575	26%	321	196%	0	0	0	0	0	0%	0	0	96	196%
2009-2010	RTM	1,934	97%	0	0	123	196%	16,710	35%	0	0%	0	0	0	0	0	0%	0	0	0	0%
2009-2010	RTH	0	0%	0	0	0	0%	3,230	65%	0	0%	0	0	0	0	192	196%	0	0	0	0%
2010-2011	RTMH	1,605	139%	0	0%	193	196%	30,133	27%	679	196%	0	0%	0	0	0	0%	0	0	0	0
2010-2011	RTM	1,183	123%	767	196%	0	0%	7,806	46%	0	0%	0	0%	0	0	0	0%	0	0	0	0
2010-2011	RTH	0	0%	0	0%	0	0%	1,578	119%	0	0%	800	###	0	0	544	139%	0	0	0	0
2011-2012	RTMH	5,016	73%	0	0	289	196%	15,673	36%	852	196%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011-2012	RTM	3,084	93%	0	0	0	0%	5,849	47%	0	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011-2012	RTH	0	0%	0	0	0	0%	2,854	81%	0	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2012-2013	RTMH	3,606	79%	0	0	0	0%	32,992	26%	1,238	146%	272	###	27	196%	0	0	0	0	0	0
2012-2013	RTM	2,849	93%	0	0	460	196%	10,483	41%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0	0	0	0	0
2012-2013	RTH	0	0%	0	0	0	0%	856	104%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0	0	0	0	0
2013-2014	RTMH	4,182	75%	109	196%	803	196%	19,041	32%	1,796	121%	0	0	0	0	128	196%	0	0	96	113%
2013-2014	RTM	2,151	107%	0	0%	0	0%	9,940	42%	0	0%	0	0	0	0	0	0%	0	0	0	0%
2013-2014	RTH	268	196%	0	0%	0	0%	2,247	96%	0	0%	0	0	0	0	0	0%	0	0	0	0%
2014-2015	RTMH	3,559	72%	0	0	32	196%	19,234	30%	0	0	0	0	96	196%	0	0	0	0	0	0
2014-2015	RTM	980	140%	0	0	0	0%	6,913	48%	0	0	0	0	0	0%	0	0	0	0	0	0
2014-2015	RTH	0	0%	0	0	0	0%	1,187	89%	0	0	0	0	0	0%	0	0	0	0	0	0

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

OTRAS CATEGORÍAS QUE CAMBIARON A TIERRAS FORESTALES (Continuación de Tabla 16)			
PERIODO	REGIÓN CLIMÁTICA	P_S	error
2011-2012	RTMH	852	196%
2011-2012	RTM	0	0%
2011-2012	RTH	0	0%
2014-2015	RTMH	803	196%

A continuación, se definirá las nomenclaturas de las columnas de la siguiente tabla 17:

F_A: Bosque Maduro que pasa a Cultivo Anual
F_P: Bosque Maduro que pasa a Cultivo Permanente.
S_A: Bosque Secundario que pasa a Cultivo Anual
S_P: Bosque Secundario que pasa a Cultivo Permanente
L_A: Plantación Latifoliada que pasa a Cultivo Anual
R_A: Rastrojo que pasa a Cultivo Anual.
R_P: Rastrojo que pasa a Cultivo Permanente

Tabla 18. Datos de actividad reducción de emisiones forestales derivadas de la deforestación (los valores ya están en hectáreas)

TIERRAS FORESTALES QUE CAMBIARON A CULTIVOS															
PERIODO	REGIÓN CLIMÁTICA	F_A	error	F_P	error	S_A	error	S_P	error	L_A	error	R_A	error	R_P	error
2005-2006	RTMH	1,115	149%	0	0	872	138%	0	0%	0	0	3,847	79%	0	0
2005-2006	RTM	54	196%	0	0	215	196%	61	196%	0	0	3,615	82%	0	0
2005-2006	RTH	0	0%	0	0	134	196%	0	0%	0	0	0	0%	0	0
2006-2007	RTMH	0	0%	0	0	1,973	105%	0	0	0	0	1,767	111%	679	196%
2006-2007	RTM	340	196%	0	0	537	196%	0	0	0	0	456	196%	0	0%
2006-2007	RTH	0	0%	0	0	0	0%	0	0	0	0	0	0%	0	0%
2007-2008	RTMH	0	0%	0	0%	1,801	104%	0	0	0	0	1,739	114%	408	196%
2007-2008	RTM	647	196%	107	196%	347	196%	0	0	0	0	1,580	120%	0	0%
2007-2008	RTH	0	0%	0	0%	0	0%	0	0	0	0	0	0%	0	0%
2008-2009	RTMH	0	0%	0	0	326	120%	679	196%	0	0	2,174	90%	1,238	145%
2008-2009	RTM	646	160%	0	0	1,907	122%	0	0%	0	0	3,148	78%	0	0%
2008-2009	RTH	0	0%	0	0	0	0%	0	0%	0	0	0	0%	0	0%
2009-2010	RTMH	0	0%	0	0	783	145%	0	0	0	0	4,802	74%	54	196%
2009-2010	RTM	35	196%	0	0	0	0%	0	0	0	0	1,538	140%	0	0%
2009-2010	RTH	0	0%	0	0	0	0%	0	0	0	0	0	0%	0	0%
2010-2011	RTMH	0	0	0	0	3,716	88%	0	0	0	0	2,075	111%	0	0
2010-2011	RTM	0	0	0	0	215	196%	0	0	0	0	832	163%	0	0
2010-2011	RTH	0	0	0	0	0	0%	0	0	0	0	161	196%	0	0
2011-2012	RTMH	0	0	0	0	1,091	115%	0	0	0	0	5,389	66%	0	0
2011-2012	RTM	0	0	0	0	564	196%	0	0	0	0	1,814	116%	0	0
2011-2012	RTH	0	0	0	0	0	0%	0	0	0	0	988	139%	0	0
2012-2013	RTMH	0	0%	0	0	307	196%	272	196%	0	0	2,888	87%	0	0
2012-2013	RTM	136	196%	0	0	376	196%	0	0%	0	0	3,462	79%	0	0
2012-2013	RTH	0	0%	0	0	0	0%	0	0%	0	0	1,177	140%	0	0
2013-2014	RTMH	0	0%	0	0	1,345	121%	0	0	0	0	1,654	112%	0	0
2013-2014	RTM	102	196%	0	0	69	196%	0	0	0	0	139	196%	0	0
2013-2014	RTH	0	0%	0	0	0	0%	0	0	0	0	0	0%	0	0
2014-2015	RTMH	1,366	131%	0	0	0	0%	54	196%	0	0	2,005	96%	0	0
2014-2015	RTM	0	0%	0	0	742	140%	0	0%	0	0	725	182%	0	0
2014-2015	RTH	0	0%	0	0	0	0%	0	0%	0	0	262	139%	0	0

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

A continuación, se definirá las nomenclaturas de las columnas de la siguiente tabla 18:

F_G: Bosque maduro que pasa a Pasto
S_G: Bosque Secundario que pasa a Pasto
M_G: Manglar que pasa a Pasto
L_G: Plantación Latifoliada que pasa a Pasto
C_G: Plantación de Coníferas que pasa a Pasto
R_G: Rastrojo que pasa a pasto

Tabla 19. Datos de actividad reducción de emisiones forestales derivadas de la deforestación.

PERIODO	REGIÓN CLIMÁTICA	TIERRAS FORESTALES QUE CAMBIARON A PASTOS											
		F_G	error	S_G	error	M_G	error	L_G	error	C_G	error	R_G	error
2004-2005	RTMH	4,892	78%	8,179	50%	0	0	544	196%	0	0	10,745	40%
2004-2005	RTM	460	146%	1,170	82%	0	0	0	0%	0	0	5,622	51%
2004-2005	RTH	0	0%	737	140%	0	0	0	0%	0	0	225	132%
2005-2006	RTMH	9,219	52%	22,116	33%	0	0%	803	196%	0	0	17,924	31%
2005-2006	RTM	1,765	123%	6,859	57%	307	196%	0	0%	0	0	6,597	49%
2005-2006	RTH	800	196%	2,140	113%	0	0%	0	0%	0	0	572	101%
2006-2001	RTMH	2,880	97%	9,106	49%	0	0	1,401	140%	0	0	12,295	38%
2006-2001	RTM	1,192	151%	2,015	79%	0	0	0	0%	0	0	6,662	50%
2006-2001	RTH	0	0%	0	0%	0	0	0	0%	0	0	1,284	98%
2001-2008	RTMH	2,432	91%	16,367	40%	321	196%	578	185%	0	0	16,388	34%
2001-2008	RTM	1,907	122%	6,056	62%	460	196%	0	0%	0	0	7,542	53%
2001-2008	RTH	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0	669	196%
2008-2009	RTMH	4,394	78%	10,573	41%	642	141%	0	0	0	0	19,006	28%
2008-2009	RTM	2,612	103%	6,462	56%	61	196%	0	0	0	0	9,126	45%
2008-2009	RTH	0	0%	27	196%	0	0%	0	0	0	0	3,129	73%
2009-2010	RTMH	1,351	131%	7,837	57%	289	196%	2,334	114%	272	196%	10,381	39%
2009-2010	RTM	444	169%	1,505	91%	460	196%	0	0%	0	0%	5,254	58%
2009-2010	RTH	0	0%	160	196%	0	0%	0	0%	0	0%	535	141%
2010-2011	RTMH	8,373	58%	6,757	54%	0	0%	0	0	0	0	3,597	47%
2010-2011	RTM	767	196%	2,054	95%	123	196%	0	0	0	0	2,425	56%
2010-2011	RTH	0	0%	482	196%	0	0%	0	0	0	0	1,365	95%
2011-2012	RTMH	2,557	95%	7,553	49%	193	196%	820	196%	0	0	12,274	34%
2011-2012	RTM	817	132%	4,415	69%	0	0%	0	0%	0	0	4,654	53%
2011-2012	RTH	0	0%	80	196%	0	0%	0	0%	0	0	0	0%
2012-2013	RTMH	2,132	96%	8,681	52%	0	0	462	196%	0	0	5,755	46%
2012-2013	RTM	1,079	143%	3,973	67%	0	0	0	0%	0	0	3,902	48%
2012-2013	RTH	0	0%	155	166%	0	0	0	0%	0	0	358	105%
2013-2014	RTMH	2,723	99%	5,347	61%	0	0	0	0	0	0	8,278	34%
2013-2014	RTM	3,072	95%	1,643	76%	0	0	0	0	0	0	4,539	60%
2013-2014	RTH	0	0%	96	196%	0	0	0	0	0	0	829	107%
2014-2015	RTMH	4,739	72%	8,468	50%	289	196%	578	196%	0	0	9,603	38%
2014-2015	RTM	960	178%	2,978	87%	307	196%	0	0%	0	0	5,197	44%
2014-2015	RTH	0	0%	32	196%	0	0%	0	0%	0	0	984	100%

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

A continuación, se definirá las nomenclaturas de las columnas de la siguiente tabla 19:

F_W: Bosque Maduro que pasa a Humedal
S_W: Bosque Secundario que pasa a Humedal
M_W: Manglar que pasa a Humedal
R_W: Rastrojo que pasa a Humedal

Tabla *20*. Datos de actividad reducción de emisiones forestales derivadas de la deforestación.

PERIODO	REGIÓN CLIMÁTICA	TIERRAS FORESTALES QUE CAMBIARON A HUMEDALES							
		F_W	error	S_W	error	M_W	error	R_W	error
2007-2008	RTMH	0	0	230	196%	32	196%	0	0
2007-2008	RTM	0	0	0	0%	0	0%	0	0
2007-2008	RTH	0	0	0	0%	0	0%	0	0
2009-2010	RTMH	0	0	0	0	32	196%	0	0
2009-2010	RTM	0	0	0	0	0	0%	0	0
2009-2010	RTH	0	0	0	0	0	0%	0	0
2010-2011	RTMH	0	0	0	0	0	0	679	196%
2010-2011	RTM	0	0	0	0	0	0	0	0%
2010-2011	RTH	0	0	0	0	0	0	0	0%
2011-2012	RTMH	131	196%	27	196%	0	0	0	0%
2011-2012	RTM	0	0%	0	0%	0	0	0	0%
2011-2012	RTH	0	0%	0	0%	0	0	669	196%
2012-2013	RTMH	0	0	0	0	64	139%	0	0
2012-2013	RTM	0	0	0	0	0	0%	0	0
2012-2013	RTH	0	0	0	0	0	0%	0	0
2014-2015	RTMH	98	196%	0	0	64	196%	0	0
2014-2015	RTM	0	0%	0	0	0	0%	0	0
2014-2015	RTH	0	0%	0	0	0	0%	0	0

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

A continuación, se definirá las nomenclaturas de las columnas de la siguiente tabla 20:

F_I: Bosque Maduro que pasa a Asentamiento
S_I: Bosque Secundario que pasa a Asentamiento
R_I: Rastrojo que pasa a Asentamiento
M_O: manglar a Otras Tierras
R_O: rastrojo que pasa a Otras Tierras

Tabla 21. Datos de actividad reducción de emisiones forestales derivadas de la deforestación

PERIODO	REGIÓN CLIMÁTICA	TIERRAS FORESTALES QUE CAMBIARON A ASENTAMIENTOS Y OTRAS TIERRAS									
		F_I	error	S_I	error	R_I	error	M_O	error	R_O	error
2005-2006	RTMH	0	0	164	196%	82	196%	0	0	0	0
2005-2006	RTM	0	0	0	0%	0	0%	0	0	0	0
2005-2006	RTH	0	0	128	196%	0	0%	0	0	0	0
2006-2007	RTMH	0	0	1,515	111%	54	196%	0	0	0	0
2006-2007	RTM	0	0	0	0%	0	0%	0	0	0	0
2006-2007	RTH	0	0	0	0%	416	196%	0	0	0	0
2007-2008	RTMH	0	0	27	196%	109	196%	0	0	0	0
2007-2008	RTM	0	0	54	196%	161	167%	0	0	0	0
2007-2008	RTH	0	0	0	0%	0	0%	0	0	0	0
2008-2009	RTMH	0	0	986	142%	1,398	128%	0	0	0	0
2008-2009	RTM	0	0	268	196%	81	196%	0	0	0	0
2008-2009	RTH	0	0	0	0%	0	0%	0	0	0	0
2009-2010	RTMH	0	0	0	0	96	196%	0	0	0	0
2009-2010	RTM	0	0	0	0	215	143%	0	0	0	0
2009-2010	RTH	0	0	0	0	0	0%	0	0	0	0
2010-2011	RTMH	328	196%	0	0%	492	196%	0	0	0	0
2010-2011	RTM	0	0%	27	196%	289	147%	0	0	0	0
2010-2011	RTH	0	0%	0	0%	0	0%	0	0	0	0
2011-2012	RTMH	1,772	129%	64	196%	1,161	105%	0	0	0	0
2011-2012	RTM	0	0%	312	196%	81	196%	0	0	0	0
2011-2012	RTH	0	0%	0	0%	0	0%	0	0	0	0
2012-2013	RTMH	0	0	161	196%	949	146%	0	0	0	0
2012-2013	RTM	0	0	166	167%	107	139%	0	0	0	0
2012-2013	RTH	0	0	0	0%	669	196%	0	0	0	0
2013-2014	RTMH	0	0	1,160	109%	506	126%	0	0	0	0
2013-2014	RTM	0	0	0	0%	0	0%	0	0	0	0
2013-2014	RTH	0	0	0	0%	375	151%	0	0	0	0
2014-2015	RTMH	1,149	151%	54	196%	1,408	108%	0	0	0	0
2014-2015	RTM	0	0%	0	0%	54	196%	0	0	0	0
2014-2015	RTH	0	0%	0	0%	107	196%	0	0	0	0

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

9.3. Control de calidad

A los datos de actividad como a los de factores de emisión se le aplicaron varios procesos de QA/QC para asegurarnos que los cálculos sigan las guías del IPCC 2006. A continuación, se explicarán los procesos realizados a los datos utilizados en este NRF. Al momento de calcular las emisiones y absorciones del NRF se realizaron en dos procesos paralelos. Uno de ellos se realizó en un archivo de Excel que utilizó las mismas formulas, los mismos datos de actividad y los mismos factores de emisiones, pero posee una estructura y diseño que permite calcular los errores estadísticos.

En otro archivo, que será la versión que se presentará para este NRF, también se calcularon las emisiones y absorciones. Al final se compararon todos los resultados y coincidieron exactamente igual hasta el cuarto dígito decimal. Finalmente, la superficie total del país debe coincidir con las matrices de UTCUTS en 7,513,576.69 hectáreas. La información presentada cumple con ese criterio y no hay errores en la contabilidad de la superficie total.

9.3.1. 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 que no estuvieran involucrados en la medición realizarían la remedición una vez terminado el proceso.

9.3.2. Giras de validación de campo del Mapatón 2021

Siguiendo la propuesta de Comber et al. (2012), se adoptó una matriz de confusión, de facto y de jure, como un estándar para informar sobre la exactitud temática de cualquier producto de datos derivados de la teledetección. En esta línea, la matriz de confusión aparece reconocida en la Norma Internacional ISO 19157, relativa a la calidad de la información geográfica, como un mecanismo para ofrecer los resultados de la calidad temática de productos vectoriales o derivados de imágenes (p.ej. Parcelas del Mapatón).

Una matriz de confusión ofrece una visión completa de la distribución de los aciertos y errores entre clases, pero es difícil de manejar de una manera sencilla, y por esta razón existen distintos índices derivados para resumir su información por medio de un valor, o por un conjunto reducido de valores.

Existen numerosas medidas o índices de exactitud temática derivados de una matriz de confusión, véase Liu et al. (2007) para un análisis comparativo. Dos índices globales ampliamente adoptados son el porcentaje de aciertos (PA) y el coeficiente Kappa (Ec.4). El primero es la ratio entre el total de elementos correctamente clasificados (celdas de la diagonal principal), y el total de elementos en la matriz (Ec.2).

El coeficiente Kappa (Ec.4) es una medida basada en la diferencia entre el porcentaje de aciertos indicado por los valores de la diagonal principal y los aciertos aleatorios a posteriori (Ec.3), estimado a partir de los valores marginales (totales de las filas y columnas).

Podemos considerar que el coeficiente Kappa (Ec.4) es una corrección de PA en orden a descontar la cantidad de clasificación correcta que ocurre aleatoriamente. Ambos índices están ampliamente adoptados en trabajos y herramientas de software, pero existe cierta crítica sobre su uso por causa de los problemas de subestimación y sobreestimación que introducen (Veregin 1989, Nishii and Tanaka 1999).

Ambos índices presentan una aproximación binomial, es decir, consideran sólo dos estados posibles, bien clasificado y mal clasificado, y se modelizan según una distribución estadística de ley multinomial. Además de los índices globales, también están muy extendidos los índices por clase. Directamente relacionados con el PA pueden calcularse la exactitud del usuario (filas), y la exactitud de productor (columnas). También existe la posibilidad de calcular Kappa por clase.

$$PA = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{M} n_{ii} = \sum_{i=1}^{M} p_{ii} \qquad (2)$$

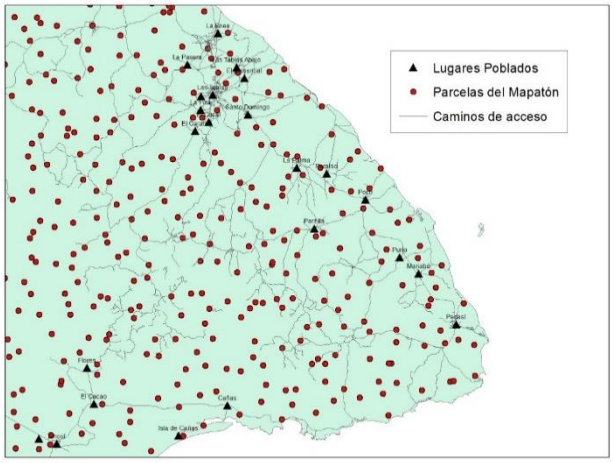
$$Ca_{ps} = \sum_{i=1}^{M} P_{i+}P_{+i} = \frac{1}{N^2}\sum_{i=1}^{M} n_{i+}n_{+i} \qquad (3)$$

$$\kappa = \frac{P_a - Ca_{ps}}{1 - Ca_{ps}} \qquad (4)$$

Para poder saber cuál es la calidad de los datos de actividad provenientes del Mapatón se realizaron las siguientes estimaciones:

1. Para realizar las visitas en campo se tomó como año control el último año visto en el Mapatón (año 2020). Luego se tomaron las 9800 parcelas del Mapatón 2021 y se cargaron en ArcGIS para identificar las parcelas a visitar.
2. Se extrajeron todas las parcelas accesibles en función a los caminos de acceso, (conexas a 300 metros de caminos de accesos).

Figura 17. Parcelas del Mapatón en fase de control de calidad

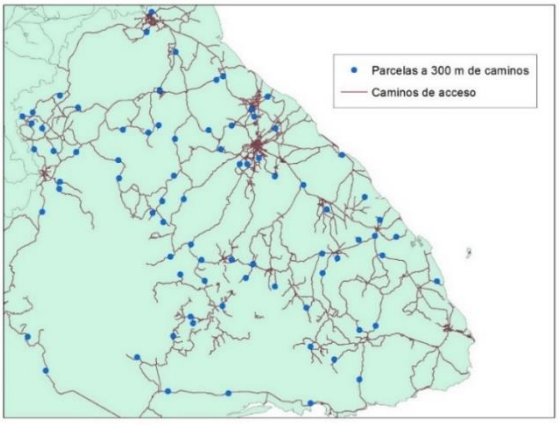


Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Para llegar a este procedimiento se sostuvieron reuniones para ver los pros y los contras teniendo en cuenta los factores antes mencionados. Al final de las giras se visitaron 654 parcelas representando un 6.6% de las 9800 parcelas del Mapatón.

3. Una vez seleccionado las parcelas con la herramienta buffer de ArcGIS, se obtuvieron las parcelas por provincias que serían verificadas en campo. Es importante resaltar que algunas parcelas de la provincia no pudieron ser visitadas, ya que el camino era inaccesible.

Figura 18. Parcelas del Mapatón con Buffer de 300 metros



Fuente: MiAMBIENTE 2021.

4. Estas visitas de campo consistieron en identificar qué uso y cobertura de la tierra tienen para luego almacenar dicha información en una aplicación llamada Map Marker (**Figura 19**). Todas las visitas a las parcelas quedaron evidencias con fotografías de las coberturas (**Figura 20**).

Si las parcelas en campo tenían más de un uso de la tierra (por ejemplo, pasto y bosque secundario) se colocaba en la aplicación dicha información. Luego en gabinete, se verificaba que la parcela del Mapatón 2021 registrara esta información.

Figura 19. Punto tomando con la Aplicación Map marker

Figura 20. Evidencia de campo que la cobertura es de Rastrojo

5. Luego de culminada la gira, se compilaron todos los puntos y fueron exportados en formato .KMZ para revisarlos y analizarlos nuevamente en ArcGIS. En este mismo proceso, las parcelas de campo y las del Mapatón son cruzadas para verificar los acierto y fallos. En Excel, los aciertos se le asigna 1 y a los fallos se le asignan 0.

Tabla 22. Ejemplo de comparación de parcelas del Mapatón y de campo

Mapaton 2021	Campo 2021	Resultado	Provincia
Asentamiento	Cultivo Anual	0	Coclé
Bosque Secundario	Bosque Secundario	1	Coclé
Pasto	Pasto	1	Coclé
Bosque Secundario	Bosque Secundario	1	Coclé
Asentamiento	Bosque Secundario	0	Coclé
Rastrojo	Cultivo Anual	0	Coclé
Pasto	Bosque Secundario	0	Coclé
Bosque Secundario	Bosque Secundario	1	Coclé
Pasto	Pasto	1	Coclé
Cultivo Anual	Pasto	0	Coclé
Pasto	Pasto	1	Coclé
Cultivo Anual	Cultivo Anual	1	Coclé
Cultivo Anual	Pasto	0	Coclé
Cultivo Anual	Cultivo Anual	1	Coclé
Humedal	Asentamiento	0	Coclé
Pasto	Pasto	1	Coclé

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

6. Luego de esto se prepara la matriz de confusión para estimar la exactitud global y el índice de Kappa.

Tabla 23. Matriz de confusión

		Información de Campo														
	UTCUTS	Asentamiento	Bosque Maduro	Bosque Secundario	Cultivo Anual	Cultivo Permanente	Humedal	Manglar	Otras Tierras	Pasto	Plantacion de Coniferas	Plantacion Latifoliadas	Rastrojo	Total general	Exacitud Usuario	Error Comisión
	Asentamiento	100		1										101	0.99	0.01
	Bosque Maduro		36											36	1.00	0.00
	Bosque Secundario	1	6	85	1	1				2	1	1	3	101	0.84	0.16
	Cultivo Anual			3	36	1				13		2	3	58	0.62	0.38
Mapatón 2021	Cultivo Permanente				1	12								13	0.92	0.08
	Humedal	1					17							18	0.94	0.06
	Manglar							13						13	1.00	0.00
	Otras Tierras								1					1	1.00	0.00
	Pasto	3		5	13					215		2	2	240	0.90	0.10
	Plantacion de Coniferas										6			6	1.00	0.00
	Plantacion Latifoliadas			1								13	1	15	0.87	0.13
	Rastrojo			22	5					5		1	19	52	0.37	0.63
	Total general	105	42	117	56	14	17	13	1	235	7	19	28	654		
	Exactitud Productor	0.95	0.86	0.73	0.64	0.86	1.00	1.00	1.00	0.91	0.86	0.68	0.68			
	Error Omisión	0.05	0.14	0.27	0.36	0.14	0.00	0.00	0.00	0.09	0.14	0.32	0.32			
	Overall Accurancy	85%														
	Kappa	0.81														

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

La exactitud global (Overall Accuracy) es un índice que se calcula cómo el número de unidades clasificadas correctamente, sobre el número total de unidades consideradas. Se obtiene sumando los elementos de la diagonal divididos por el Total de observaciones. Para este análisis la Exactitud global fue de **85%.**

El índice de Kappa es una medida de la diferencia entre la exactitud lograda en la clasificación y la oportunidad de lograr lo mismo con una clasificación correcta con un clasificador aleatorio. El resultado del índice de Kappa para el Mapatón 2021 fue de **81%.** Según la escala utilizada con frecuencia para expresar cualitativamente la fuerza de la concordancia, según Landis y Koch, 1977 un valor de Kappa entre 0.81 y 1.00 está clasificada como **casi perfecta.**

Valorización del Índice Kappa (Landis y Koch, 1977)

Coeficiente kappa	Fuerza de la concordancia
0,00	Pobre *(Poor)*
0,01 - 0,20	Leve *(Slight)*
0,21 - 0,40	Aceptable *(Fair)*
0,41 - 0,60	Moderada *(Moderate)*
0,61 - 0,80	Considerable *(Substantial)*
0,81 - 1,00	Casi perfecta *(Almost perfect)*

10. ESTIMACIONES DE EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI

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

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

10.1.1. Tierra que permanece en la misma categoría de uso

1) <u>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</u>

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)

Tabla 24. Usos de la tierra y subcategorías utilizadas en el Mapatón 2021

PANAMÁ	
LU	**Sub-Categoría**
TF	Bosque Maduro
	Bosque Secundario
	Manglar
	Plantaciones Latifoliadas
	Plantaciones Coníferas
	Rastrojos
C	Cultivo Anuales
	Cultivos Permanentes
P	Pastos
H	Humedales
A	Asentamientos
OT	Otras Tierras

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

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, $\Delta C_{LU\ i}$

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_{LUi} = 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_{DOM} = 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 25. Reservorios de carbono incluidos en el Nivel de Referencia de Panamá

	Incluido	Fuente	Notas
ΔC_{AB}	Si	INFC	Inventario Forestal
ΔC_{BB}	Si		
ΔC_{DOM}	Si		
ΔC_{SO}	NO		
ΔC_{PMR}	NO		

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

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 = perdida 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

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

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^{-1}año^{-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 26. 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**
TF	Bosque Maduro	Collect Earth Online	Años: 2006 al 2015
	Rastrojos	Collect Earth Online	Años: 2006 al 2015
	Bosque Secundario	Collect Earth Online	Años: 2006 al 2015
	Manglar	Collect Earth Online	Años: 2006 al 2015
	Plantaciones Latifoliadas	Collect Earth Online	Años: 2006 al 2015
	Plantaciones Coníferas	Collect Earth Online	Años: 2006 al 2015
C	Cultivo Anuales	Collect Earth Online	Años: 2006 al 2015
	Cultivos Permanentes	Collect Earth Online	Años: 2006 al 2015
P	Pastos	Collect Earth Online	Años: 2006 al 2015
H	Humedales	Collect Earth Online	Años: 2006 al 2015
A	Asentamientos	Collect Earth Online	Años: 2006 al 2015
OT	Otras Tierras	Collect Earth Online	Años: 2000 al 2015

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Tabla 27. Fracción de carbono de materia seca

REGIÓN CLIMÁTICA*	RTMH		RTM		RTH		REFERENCIAS
CATEGORÍA	Valor	Error	Valor	Error	Valor	Error	
Bosque Secundario	0.49	5%	0.49	5%	0.49	5%	IPCC 2006. Vol. 4, Cap 4, Pag. 4.57, Cuadro 4.3
Manglar	0.45	5%	0.45	5%	0.45	5%	IPCC 2006. Vol. 4. Cap. 4, Pag. 4.13, Cuadro 4.2
Plantaciones, Latifoliadas	0.49	5%	0.49	5%	0.49	5%	IPCC 2006. Vol. 4, Cap. 4, Pag. 4.57, Cuadro 4.3
Plantaciones, Coníferas	0.49	5%	0.49	5%	0.49	5%	
Rastrojos	0.46	5%	0.46	5%	0.46	5%	

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Notas aclaratorias: Los valores de Fracción de carbono de materia seca que se presentan en esta tabla son los mismo utilizados en el Segundo Informe Bianual de Actualización presentado por Panamá en marzo del 2021.

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

ECUACIÓN 2.10
INCREMENTOS ANUALES PROMEDIO DE LA BIOMASA

Nivel 1

$G_{TOTAL} = \sum \{G_W \bullet (1+R)\}$ Se emplean directamente los datos de incremento de biomasa (materia seca)

Niveles 2 y 3

$G_{TOTAL} = \sum \{I_V \bullet BCEF_I \bullet (1+R)\}$ 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 28. Relación entre la biomasa aérea y subterránea (R) en toneladas materia seca de raíz por tonelada de materia seca (tdm raíz. tdm-1).

REGIÓN CLIMÁTICA*	RTMH		RTM		RTH		REFERENCIAS
CATEGORÍA	Valor	Error	Valor	Error	Valor	Error	
Bosque Secundario	0.24	29%	0.27	29%	0.24	29%	IPCC. 2006. Vol. 4, Cap. 4, Pag. 4.58, Cuadro 4.4
Manglar	0.49	4%	0.49	4%	0.49	4%	IPCC. 2006. Cap. 4, Pag. 4.13, Cuadro 4.5
Plantaciones, Latifoliadas	0.24	25%	0.27	4%	0.24	25%	IPCC. 2006. Vol. 4, Cap. 4, Pag. 4.58, Cuadro 4.4
Plantaciones, Coníferas	0.24	25%	0.27	4%	0.24	25%	
Rastrojos	0.40	20%	0.40	20%	0.40	20%	

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Tabla 29. Promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea.

REGIÓN CLIMÁTICA*	RTMH		RTM		RTH		REFERENCIAS
CATEGORÍA	Valor	Error	Valor	Error	Valor	Error	
Bosque Secundario	3.1	51%	2.0	51%	2.0	51%	IPCC. 2006. Vol. 4, Cap. 4, Pag. 4.66, Cuadro 4.9
Manglar	4.37	51%	4.37	51%	4.37	51%	Criterio de experto, análisis de Alométrico y bibliográfico
Plantaciones, Latifoliadas	18.4	20%	13.7	20%	16.6	20%	Herrera, C. 2020. Informe de consultoría - MiAMBIENTE/PNUD. Panamá
Plantaciones, Coníferas	20.8	20%	26.2	20%	17.3	20%	
Rastrojos	11.0	10%	7.0	10%	7.0	10%	IPCC. 2006. Vol. 4, Cap. 4, Pag. 4.66, Cuadro 4.9

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Notas aclaratorias: Tras discusiones con expertos forestales de Panamá y teniendo como referencia algunos artículos científicos, como el de Chave et al., 2003[41] se tomó el criterio de experto de asignarle cero (0 t.d.m./ha/yr) a los Bosques Maduros de Panamá. Además, se buscó guardar consistencia con los INGEI anteriores que asignaron el mismo valor de crecimiento a los bosques maduros. Es importante mencionar que, el país no cuenta con dos inventarios para estimar dicha tasa de crecimiento de los bosques maduros. El valor de Barro Colorado no es representativo de todos los Bosques maduros de Panamá. En bosque secundario se utilizaron los valores del Segundo Informe Bianual de Actualización (2IBA) ya que se tienen los datos de actividad desagregado por regiones climáticas. 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 "Anexo 12. 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 "Anexo 17. 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

ECUACIÓN 2.11
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)

$$\Delta C_L = L_{remoción-bosques} + L_{madera-combustible} + L_{perturbación}$$

Dónde:

ΔC_L = 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

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

41 Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forest: results from a large census plot in Panamá

Donde:

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

H = remociones anuales de bosques, rollizos, m^3 $año^{-1}$

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 (m^3 de remociones) $^{-1}$

Tabla 30. Remociones anuales de madera, rollizos.

H = remociones anuales de madera, rollizos			
LU	**Sub-Categoría**	**Fuente**	**Notas**
TF FL	Plantación (Latifoliadas)	DIFOR	Se tomaron datos utilizados en el 2IBA
	Plantación (Coníferas)	DIFOR	Se tomaron datos utilizados en el 2IBA

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Notas aclaratorias: Los datos utilizados de m^3 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

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

Dónde:

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

$FG_{árboles}$ = volumen anual de remoción de madera combustible de árboles enteros, m^3 $año^{-1}$

FG_{parte} = volumen anual de remoción de madera combustible como parte de árboles, m^3 $año^{-1}$

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 (m^3 de remociones)$^{-1}$

PANAMÁ TRANSFÓRMATE
Un llamado a la acción climática

Tabla 31. Volumen anual de remoción de madera combustible de partes de arboles

$FG_{árboles}$ = volumen anual de remoción de madera combustible de árboles enteros			
LU	**Sub-Categoría**	**Fuente**	**Notas**
TF	Tierras Forestales		No hay datos para arboles enteros. Según consultas en Panamá no se toman arboles enteros para leña
FG_{parte} = volumen anual de remoción de madera combustible como parte de árboles			
LU	**Sub-Categoría**	**Fuente**	**Notas**
TF	Tierras Forestales	Secretaria de Energía	Para valores en Kbep: secretaria nacional de Energía - Panamá

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Notas aclaratorias: El Ministerio de Ambiente no tiene registro de madera combustible de árboles enteros, 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.

10) Perdida de biomasa y de carbono por perturbaciones, $L_{perturbación}$

ECUACIÓN 2.14
PÉRDIDAS ANUALES DE CARBONO EN LA BIOMASA DEBIDAS A PERTURBACIONES

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

Donde:

$L_{perturbación}$ = otras pérdidas anuales de carbono, ton C $año^{-1}$
$A_{perturbación}$ = 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 32. Superficie afectada por perturbaciones

$A_{perturbación}$ = superficie afectada por perturbaciones			
LU	**Sub-Categoría**	**Fuente**	**Notas**
TF	Bosque Maduro	Dirección de Protección y Calidad Ambiental (DIVEDA-MiAMBIENTE)	Los datos de perturbación corresponden a incendios en Bosque Maduro
	Bosque Secundario	Dirección de Protección y Calidad Ambiental (DIVEDA-MiAMBIENTE)	Los datos de perturbación corresponden a incendios en Bosque Secundario
	Manglar	Dirección de Protección y Calidad Ambiental (DIVEDA-MiAMBIENTE)	Los datos de perturbación corresponden a incendios en Manglar
	Plantaciones Latifoliadas	Dirección de Protección y Calidad Ambiental (DIVEDA-MiAMBIENTE)	Los datos de perturbación corresponden a incendios en Plantaciones Latifoliadas
	Plantaciones Coníferas	Dirección de Protección y Calidad Ambiental (DIVEDA-MiAMBIENTE)	Los datos de perturbación corresponden a incendios en Plantaciones de Coníferas

TC	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 2021.

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 superficie[42]. Estos datos son centralizados por la Dirección de Verificación y Desempeño Ambiental (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 Gramíneas[43]. Cuando hay un incendio forestal, se estiman las emisiones de CO_2 y No-CO_2. 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 porque no queremos introducir más incertidumbres a las emisiones/absorciones.

Tabla 33. Datos de incendios forestales 2006-2015.

Años	Valores de dato de actividad								
	Superficie Anual Quemada Hectáreas (ha)								
	N° de Incendios	Bosque Maduro	Bosque Secundario	Rastrojo	Manglar	Plantaciones 1/	Pastos	Cultivos 2/	Caña
2006	446	0	538	856	0	1,629	4,561	54	31,559
2007	754	140	409	1,866	1	280	6,178	140	32,222
2008	258	1	50	522	20	177	2,479	380	32,078
2009	513	37	235	758	0	522	2,844	79	30,627
2010	264	4	48	582	0	91.75	1,571	6	31,503
2011	217	0	0	215	0	65	1,601	0	29,564
2012	157	6	43	805	0	156	1,212	210	30,634
2013	179	244	136	1,834	23	1,186	1,612	94	33,796
2014	680	0	52	404	0	301	2,915	68	36,247
2015	4,716	1,635	3,014	7,639	5	783	17,099	674	37,281

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

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

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

Tabla 34. Biomasa aérea promedio de superficies de tierras forestales.

REGIÓN CLIMÁTICA*	RTMH		RTM		RTH		REFERENCIAS
CATEGORÍA	Valor	Error	Valor	Error	Valor	Error	
Bosque Secundario	94.17	29.2%	94.2	29.2%	94.2	29.2%	MIAMBIENTE 2020. Inventario Nacional Forestal y de Carbono.
Manglar	75.67	120.3%	75.7	120.3%	75.7	120.3%	
Plantaciones, Latifoliadas	240.0	20%	150.0	20%	120.0	20%	Vol. 4, Cap. 4, Pag. 4.63. Cuadros 4.8
Plantaciones, Coníferas	270.0	20%	300.0	20%	270.0	20%	
Rastrojos	28.7	45.8%	28.7	45.8%	28.7	45.8%	MIAMBIENTE 2020. Inventario Nacional Forestal y de Carbono.

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Notas aclaratorias: La Tabla 34 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. Cuando alguna parcela reportó cambio de Otras tierras (Pastos, o cultivos) hacia Plantaciones forestales (latifoliadas o coníferas) se utilizó la Biomasa Después de la Conversión (BDC, en hoja de cálculo) que son las siguientes:

Tabla 35. Estimación de Biomasa Después de la Conversión.

Uso de la tierra	Biomasa aérea (t.d.m/ ha)	Error
Bosques Plantados (Latifoliadas) TMH BDC	18.3690	20%
Bosques Plantados (Latifoliadas) TM BDC	13.6500	20%
Bosques Plantados (Latifoliadas) TH BDC	16.59	20%
Bosques Plantados (Coníferas) TMH BDC	20.80	20%
Bosques Plantados (Coniferas) TM BDC	26.17	20%
Bosques Plantados (Coniferas) TH BDC	17.33	20%

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Esto se debe a que no es recomendable usar la Biomasa del inventario forestal de Panamá porque esa biomasa es de plantaciones adultas (más de 10 años) lo que sobreestimaría las absorciones de estas transiciones y de las plantaciones forestales que permanecen como tal. Por eso se utilizaron los análisis realizados por Herrera, C. 2020. "Anexo 14. Cálculo de Incremento Medio Anual (IMA) para plantaciones latifoliadas y Coníferas en Panamá", en la cual hace un análisis de la bibliografía científica en la cual se concluye que es más factible usar el incremento medio anual (IMA) cuando hay transiciones de este tipo.

- Para **Bosque secundario** se utiliza el valor de país que se calculó en el INFC.
- Para **Manglares** para el valor de Biomasa aérea promedio se usa el valor del INFC.
- Para los valores de **cultivos**, se utilizaron los valores disponibles en el volumen 4 capítulo 5 de los bosques tropicales húmedos y muy húmedos ya que ambos están presentes en el país. Cuando una tierra se transforma a cultivos anuales se asume que la biomasa después de la conversión es 0. Este valor fue derivado de una discusión entre expertos forestales y especialistas en agricultura. La Tasa de acumulación de biomasa (G) provienen del volumen 4 capítulo 5, Tabla 5.1 de las guías del IPCC 2006.

Tabla 36. Fracción de biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones.

REGIÓN CLIMÁTICA*	RTMH		RTM		RTH		REFERENCIAS
CATEGORÍA	Valor	Error	Valor	Error	Valor	Error	
Bosque Secundario	0.20	25%	0.20	25%	0.20	25%	Equipo técnico AFOLU MIAMBIENTE 2020*
Manglar	0.20	25%	0.20	25%	0.20	25%	
Plantaciones, Latifoliadas	0.20	25%	0.20	25%	0.20	25%	
Plantaciones, Coníferas	0.15	33%	0.15	33%	0.15	33%	
Rastrojos	0.40	20%	0.40	20%	0.40	20%	

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Notas aclaratorias: Valores generados con base en juicios técnicos sobre la fracción de biomasa que es afectada por incendios en bosques en pie. (Incluye DOM; sotobosque, árboles deteriorados por causas fitosanitarias y árboles en decadencia etaria)

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 37. 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
TF	Tierras Forestales > Tierras Forestales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Tierras Forestales > Tierras Forestales (diferente tipo de bosque)	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
C	Tierras Forestales > Cultivos Permanentes	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Tierras Forestales > Cultivos Anuales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
P	Tierras Forestales > Rastrojos	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Notas aclaratorias: Todos los cambios de uso de suelo como datos de actividad fueron reportados y levantados con la herramienta Collect Earth Online de OpenForis. Estos pueden ser vistos en las matrices de la base de datos de Excel en la pestaña “Matrices UTCUTS”.

Tabla 38. 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
FL>No-FL	Tierras Forestales > Cultivos	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Tierras Forestales > Pastizales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Tierras Forestales > Humedales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Tierras Forestales > Asentamientos	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Tierras Forestales > Otras Tierras	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
CL> No-CL	Cultivos > Tierras Forestales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Cultivos > Pastizales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Cultivos > Humedales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Cultivos > Asentamientos	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Cultivos > Otras Tierras	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
GL>No-GL	Pastizales > Tierras Forestales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Pastizales > Cultivos	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Pastizales > Humedales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Pastizales > Asentamientos	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Pastizales > Otras Tierras	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Pastizales > Cultivos	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
WL>No-WL	Humedales > Tierras Forestales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Humedales > Cultivos	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Humedales > Pastizales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Humedales > Asentamientos	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Humedales > Otras Tierras	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
SL>No-SL	Asentamientos > Tierras Forestales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Asentamientos > Cultivos	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Asentamientos > Pastizales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Asentamientos > Humedales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Asentamientos > Otras Tierras	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Asentamientos > Tierras Forestales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
OL>No-OL	Otras Tierras > Tierras Forestales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Otras Tierras > Cultivos	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Otras Tierras > Pastizales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Otras Tierras > Humedales	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Otras Tierras > Otras Tierras	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015
	Otras Tierras > Asentamientos	Collect Earth Online	Años: 2005 al 2015

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Notas aclaratorias: En esta sección de superficie de tierras que se convierten a otras categorías de uso de la tierra, se presentan todas las transiciones de uso de la tierra posibles en Panamá. Estas transiciones son producto de un control de calidad consensuado entre expertos forestales de Panamá y expertos en sensores remotos. También, es notable resaltar que todas estas posibles transiciones de cambios y usos de la tierra son determinados año a año con la herramienta de Collect Earth Online, lo que nos permite establecer protocolos de seguimiento.

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

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 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, ΔCB

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.

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)

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSIÓN} - \Delta C_L$$

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, $\Delta C_{CONVERSIÓN}$

ECUACIÓN 2.16
CAMBIO INICIAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN LA BIOMASA DE TIERRAS CONVERTIDAS A OTRA CATEGORÍA DE TIERRA

$$\Delta C_{CONVERSIÓN} = \sum_i \{(B_{DESPUÉS_i} - B_{ANTES_i}) \bullet \Delta A_{A_OTRAS_i}\} \bullet CF$$

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}
$B_{DESPUÉSi}$	= existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, t.d.m. ha^{-1}
B_{ANTESi}	= 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.

Notas aclaratorias: Como se expresa en la tabla "**B_W = biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones"** los valores de Biomasa provienen del INFC y de valores por defecto del IPCC 2006. Dichos valores fueron discutidos y consensuados con el equipo de expertos forestales de Panamá.

10.2. Cambios de las existencias de carbono en materia orgánica muerta (DOM)

10.2.1. Tierra que permanece en la misma categoría de uso

Debido a que Panamá no cuenta con mediciones de existencias de DOM para diferentes períodos para estimar los cambios en las existencias de C, así como de transferencias anual a las existencias de DOM, 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 DOM 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 CO_2 resultantes de la combustión de DOM durante un incendio no se declaran, como tampoco se declara de los aumentos de las existencias de carbono en DOM muerta de los años posteriores al incendio. Sin embargo, sí se declaran las emisiones de gases no CO_2 originadas por el quemado de depósitos de DOM.

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

Siguiendo el método Nivel 1, Panamá supone que los depósitos de DOM en las categorías no forestales de uso de la tierra tras la conversión equivalen a cero; es decir, que no contienen carbono. También, supone que en la tierra que se convierte de forestal a otra categoría de uso de la tierra, todas las pérdidas de carbono de la DOM se producen en el año de la conversión en el uso de la tierra.

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 DOM 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 DOM (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

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

Donde:

ΔC_{DOM} = 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.

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 m^2 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 m^2 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.

Cambios en la existencia de Carbono orgánico del suelo

Para poder tomar una decisión definitiva de excluir este reservorio se realizó un análisis con datos por defecto de las guías del IPCC 2006. Se constató que el aporte de este reservorio no tiene un peso específico en las emisiones/absorciones dando como resultado un aporte de apenas el 0.27% en promedio de los 10 años que abarca el NREF.

Nota Aclaratoria: El SOC fue excluido por lo siguiente: 1) Se desconocen las prácticas de manejo cuando un bosque cambia a pasto o cuando cambia a cultivos. 2) Se hizo una estimación con valores de Nivel 1 y se asumieron algunos datos para ver el impacto de las emisiones y se obtuvo el resultado que se muestra en la página 31, resultando un 0.27% del total de emisiones. Para evaluar la magnitud de los cambios del Carbono Orgánico del Suelo en Tierras forestales que permanecen como tales, necesitamos conocer la productividad forestal, la descomposición de la hojarasca y su incorporación al suelo mineral, y la subsiguiente pérdida a través de la mineralización/respiración. Además, habría que localizar qué terrenos forestales presentan algún tipo de manejo (cultivos bajo sombra, por ejemplo). Llevar a cabo estos estudios es complicado en este momento. Se prefiere concentrar los esfuerzos en determinar los diferentes procedimientos y prácticas que se dan tras el cambio de uso, ya que es un trabajo que se tiene avanzado.

Año	Carbono Orgánico del Suelo (Ton/C)	Absorciones Netas (Ton/C)	Porcentaje
2006	32,600	-9,688,418	0.34%
2007	59,600	-21,510,746	0.28%
2008	45,600	-18,028,526	0.25%
2009	13,500	-14,755,051	0.09%
2010	80,400	-25,570,091	0.31%
2011	95,000	-22,413,951	0.42%
2012	42,400	-20,381,188	0.21%
2013	87,400	-25,108,814	0.35%
2014	47,700	-25,267,788	0.19%
2015	45,900	-21,478,811	0.21%

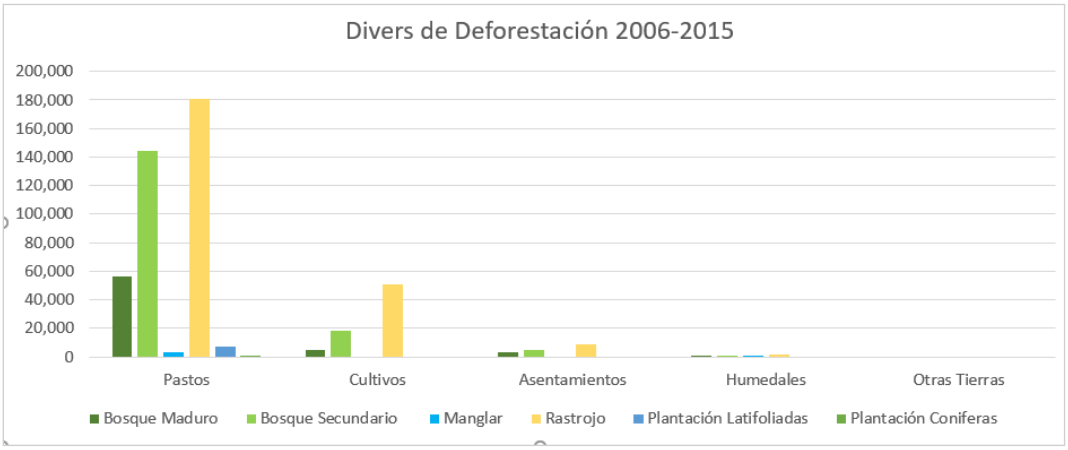
Fuente: MiAMBIENTE 2021.

11. RESULTADOS DE EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI POR ACTIVIDAD REDD+ Y EN SU CONJUNTO (NETAS) Y EL NR

11.1. '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:

Figura21. Datos provenientes de las matrices de UT-CUTS 2006-2015



Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Como se puede observar en la gráfica (Figura) el principal motor de la deforestación en Panamá son las tierras forestales que se transforman a pastizales. Esto obedece a la expansión ganadera que se ha dado en las diferentes provincias de Panamá en los últimos años. Los rastrojos son las formaciones boscosas que más se transforman a pastizales, seguidos por los bosques secundarios y en tercer puesto están los bosques maduros. Los rastrojos por su naturaleza y composición son los que más se talan ya que Panamá los finqueros los consideran como "monte" (vegetación arbustiva pionera sin valor económico) como ellos mismo les denomina.

La superficie destinada a los distintos cultivos ha cambiado en los últimos años. La última encuesta nacional agrícola de arroz, maíz y frijol (2012-2013) señala que está creciendo el área dedicada al cultivo del maíz y frijol mientras que está disminuyendo la superficie dedicada al arroz. De acuerdo con resultados de cosecha de caña de azúcar 2012 (INEC 2012) ha aumentado también el área dedicada a este cultivo, observándose un aumento de 10% en la superficie de cultivo entre el 2011 y el 2012. Según un estudio realizado en la provincia de Panamá por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Municipio de Panamá (MUPA)44, se concluyó que en la década del 2006-2015 se ha reportado un aumento considerable en la construcción de viviendas lo que puede haber derivado en la trasformación de tierras forestales a asentamiento (**Figura 22**).

44 Anexo 12. "Estudios Base Para Ciudad De Panamá: Estudio De Crecimiento Urbano, 2016"

Figura 22. Crecimiento medio de viviendas por año

Distritos	2000-2010	2010-2015
Panamá	7.693	6.066
San Miguelito	1.369	439
Arraiján	2.124	1.363
La Chorrera	1.659	10.284

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

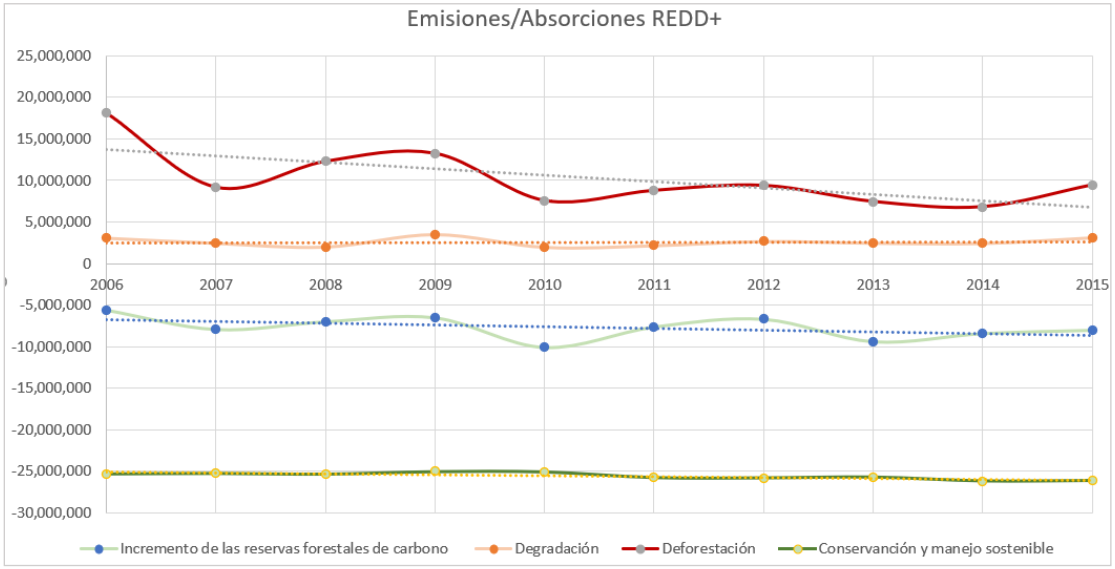
Como se aprecia en la tabla anterior los distritos de Arraiján y La Chorrera (Panamá Oeste) ha reportado un crecimiento considerable y coincidentemente estos dos distritos presentan una alta cobertura forestal que se puede ver comprometido con la expansión de asentamientos.

Otras infraestructuras que se han desarrollado en el país entre el 2006 y 2015 ha sido la ampliación del canal Panamá que han comprometido tierras forestales de la cuenca del canal para dicho fin.

11.2. Emisiones y absorciones por actividades REDD+

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

Figura 23. Emisiones y absorciones por actividad REDD+



Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Como podemos apreciar en la Figura la actividad de deforestación tiene la mayor cantidad de emisiones de CO_2 equivalentes siendo el periodo 2005-2006 con 18,103,832 ton de CO2 siendo el 85% de las emisiones por deforestación. Después viene la actividad de degradación forestal con 3,522,097 ton de CO2 teniendo el 21% de las emisiones por degradación en el 2009.

Por otro lado, se tiene que las absorciones por aumento de stock de carbono que en el periodo 2009-2010 tuvo su máximo de -10,052,871 ton de CO2 representando un 29% de las absorciones. En este mismo rubro las absorciones que provienen de las actividades de conservación y manejo sostenible que son las que tienen el mayor peso con un -26,182,453 de ton de CO2 en el periodo 2013-2014.

Tabla 39. Emisiones y absorciones por actividad REDD+.

Actividad REDD+/ Año	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015
Incremento de las reservas forestales	-5,575,266	-7,896,170	-6,970,073	-6,496,207	-10,052,871	-7,598,423	-6,673,297	-9,368,332	-8,385,636	-7,986,080
Degradación	3,082,738	2,453,688	1,998,180	3,522,097	1,964,396	2,161,014	2,674,296	2,466,995	2,433,512	3,135,351
Deforestación	18,103,832	9,167,060	12,270,118	13,234,387	7,568,091	8,789,455	9,385,757	7,456,066	6,831,493	9,464,972
Conservanción y manejo sostenible	-25,299,721	-25,235,324	-25,326,752	-25,015,327	-25,049,708	-25,765,996	-25,798,817	-25,694,415	-26,182,453	-26,123,926
Total de abosrciones netas	-9,688,418	-21,510,746	-18,028,526	-14,755,051	-25,570,091	-22,413,951	-20,412,061	-25,139,687	-25,303,083	-21,509,683

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

La sumatoria total de cada actividad REDD+ es el Nivel de referencia Forestal de Panamá, esto con la finalidad de poder suplir de información necesaria a las diferentes iniciativas que esté trabajando en el sector forestal. Adicionalmente, podemos ver en términos de hectáreas las actividades REDD+ del periodo 2005-2015.

Tabla 40. Hectáreas de uso de la tierra por actividad REDD+.

Actividades REDD+ (en Hectáreas)	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015
Incremento de las reservas carbono	47,141	66,639	59,486	56,255	84,456	64,630	55,709	78,927	68,730	63,187
Degradación	11,910	8,035	5,213	18,450	3,733	4,499	8,115	6,616	6,300	8,115
Deforestación	79,388	44,573	59,961	68,884	38,377	34,756	47,426	37,231	31,878	42,222
Conservación y manejo sostenible	4,957,823	4,943,786	4,936,179	4,897,121	4,901,615	4,931,209	4,923,556	4,917,389	4,936,784	4,931,097
Total	5,096,262	5,063,033	5,060,839	5,040,710	5,028,181	5,035,094	5,034,806	5,040,163	5,043,693	5,044,620

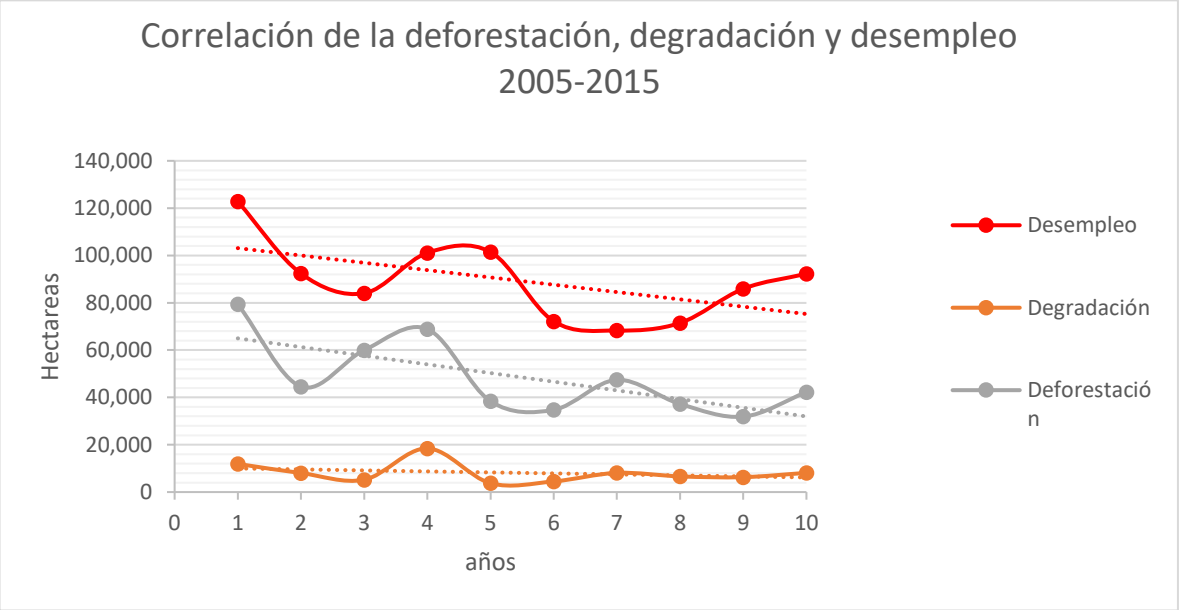
Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Variabilidad interna de las absorciones netas

Para poder entender de mejor manera a qué se debió la variabilidad de las emisiones/absorciones entre 2005-2015 se realizó un análisis del comportamiento socio económico de Panamá. En ese análisis se encuentra un documento denominado “Estudio Preliminar sobre Causas Directas y Subyacentes de la Deforestación en Panamá realizado por Merilio G. Morell en el cual muestra que hay razones para pensar que el desempleo, la deforestación y degradación forestal presentan cierta correlación.

En dicho análisis se encontraron ciertos patrones que pueden correlacionar los cambios en las hectáreas deforestadas y degradadas. No solo la tasa de desempleo puede influir en la deforestación y degradación forestal, también la acción combinada del crecimiento de la demanda por productos agropecuarios, importante transformación de la estructura de transporte, cambio del régimen de tenencia de la tierra, concentración de propiedad de la tierra, crecimiento poblacional, expansión de producción agropecuaria y de las políticas públicas.

Figura 24. Correlación entre el desempleo y las emisiones por cambio de uso de la tierra



Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Como se puede apreciar en la gráfica hay cierta correlación entre las hectáreas deforestadas y el desempleo en Panamá. Pueden existir otros elementos que incidan en los cambios anuales. A continuación, se presenta una tabla con los valores respectivos en personas desempleadas y hectáreas:

Tabla 41. Cantidad de personas desempleadas y cantidad de hectáreas deforestadas y degradadas.

Periodo	Desempleo	Degradación	Deforestación
2005-2006	122,799	11,910	79,388
2006-2007	92,345	8,035	44,573
2007-2008	84,009	5,213	59,961
2008-2009	101,103	18,450	68,884
2009-2010	101,455	3,733	38,377
2010-2011	72,162	4,499	34,756
2011-2012	68,268	8,115	47,426
2012-2013	71,469	6,616	37,231
2013-2014	85,905	6,300	31,878
2014-2015	92,260	8,115	42,222

Fuente: Contraloría General de la República. Instituto Nacional de Estadística y Censo
https://minerpa.com.pa/tasa-de-desempleo-total/

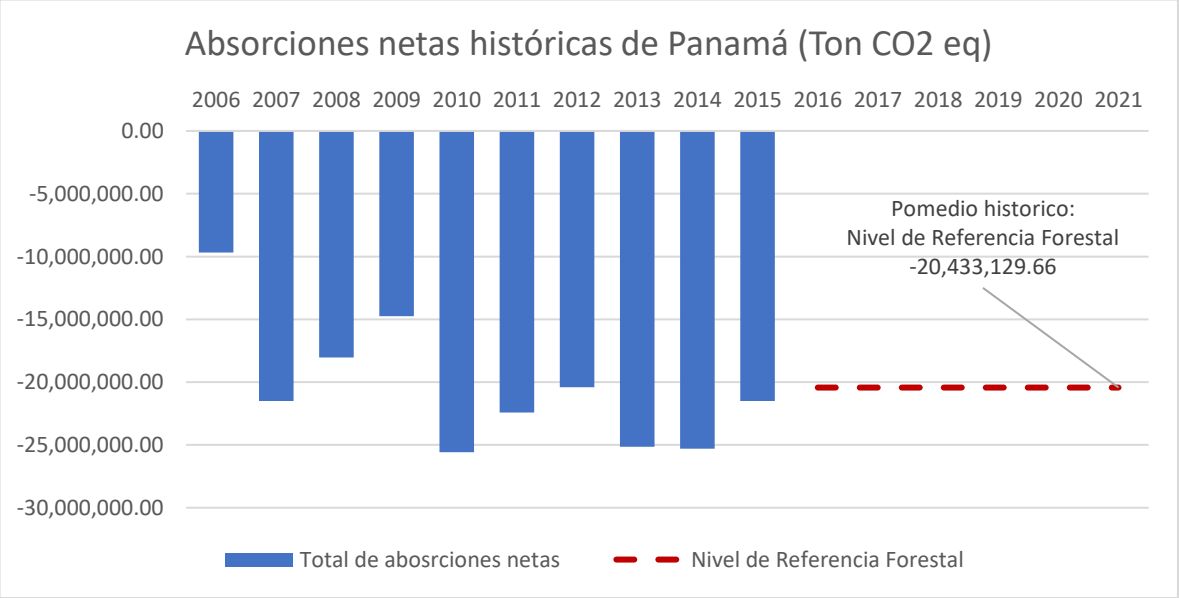
11.3. Nivel de Referencia Forestal (NRF)

El nivel de referencia de Panamá se elaboró bajo el enfoque de la media histórica en base a los datos disponibles que va desde el 2005 al 2015 (10 años). Como se explicó anteriormente, las absorciones y emisiones de CO_2 se desagregaron por actividades REDD+ con el objetivo de poder suplir de información más detalladas a las diferentes iniciativas que se tengan en Panamá y para que se pueda medir el rendimiento de cada una de las actividades REDD+.

Como resultado de dicho análisis el **Nivel de Referencia Forestal de Panamá es de -20,433,129.66 ton CO2 eq.** Este NRF pretende ser una referencia para reportar potenciales resultados que se tengan del 2016 al 2026 (10 años). Estos serán reportados en los próximos Anexos Técnicos de Panamá que se presente ante la CMNUCC.

El periodo de referencia es de 10 años, debido a que esto tienden a reflejar con mayor realidad las dinámicas forestales que se dan en un lugar determinado. Un periodo largo puede conllevar la inclusión de patrones/tendencias que no son representativos de las futuras emisiones esperadas, y podría no aportar una buena base para la elaboración del NRF, especialmente si los patrones de emisión están cambiando rápidamente en un país determinado.

Figura 25. Nivel de Referencia Forestal en Ton de CO2 equivalente



Fuente: MiAMBIENTE 2021.

De requerir mayor detalle e información, se debe remitir a la base de datos de MS Excel, denominada "NRF_Panama_2021". 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.

12. INCERTIDUMBRE ASOCIADA

La incertidumbre constituye un elemento esencial en los NREF/NRF porque las estimaciones de emisiones y absorciones difieren del valor real subyacente. La incertidumbre total consiste en la propagación del error de las incertidumbres de las subactividades descritas anteriormente. Para este análisis se utilizó la metodología descrita en el Volumen 1 "Orientación general y generación de informes", Capitulo 3 de las Guías del IPCC 2006. La ecuación de propagación del error arroja dos reglas convenientes para combinar las incertidumbres no correlacionadas bajo la suma y la multiplicación.

En los casos en los que se deben combinar las cantidades inciertas por multiplicación, la desviación estándar de la suma es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones estándar de las cantidades que se suman, con las desviaciones estándar expresadas como coeficientes de variación, que son las relaciones de las desviaciones estándar con los valores medios adecuados. Esta regla es aproximada para todas las variables aleatorias. En circunstancias típicas, esta regla tiene una exactitud razonable, mientras el coeficiente de variación sea inferior a aproximadamente 0,3. Esta regla no es aplicable a la división. Luego se puede derivar una ecuación simple (Ecuación 3.1) para la incertidumbre del producto, expresada en términos porcentuales:

ECUACIÓN 3.1
COMBINACIÓN DE INCERTIDUMBRES – MÉTODO 1 - MULTIPLICACIÓN

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \ldots + U_n^2}$$

Donde:

$\boldsymbol{U_{TOTAL}}$ = el porcentaje de incertidumbre del producto de las cantidades
$\boldsymbol{U_i}$ = el porcentaje de incertidumbre asociado con cada una de las cantidades

En los casos en los que se deben combinar las cantidades inciertas por suma o resta, la desviación estándar de la suma es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones estándar de las cantidades que se suman con las desviaciones estándar, todas expresadas en términos absolutos (esta regla es exacta para las variables no correlacionadas). Tomando esta interpretación, se puede derivar una ecuación simple (Ecuación 3.2) para la incertidumbre de la suma, expresada en términos porcentuales:

ECUACIÓN 3.2
COMBINACIÓN DE INCERTIDUMBRES – MÉTODO 1 – SUMA Y RESTA

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

Donde:

$\boldsymbol{U_{TOTAL}}$ = el porcentaje de incertidumbre de la suma de las cantidades expresado como porcentaje
$\boldsymbol{x_i}$ **y** $\boldsymbol{U_i}$ = las cantidades inciertas y el porcentaje de incertidumbre asociado

El nivel de referencia forestal (NRF) es, principalmente, la suma de productos de los factores de emisión, los datos de actividad y otros parámetros de estimación. Por lo tanto, es posible usar en forma repetida las ecuaciones 3.1 y 3.2 para estimar la incertidumbre de las actividades REDD+ y del nivel de referencia forestal de Panamá.

12.1. Resultados

A continuación, los resultados del Análisis de la Incertidumbres:

Tabla 42. Incertidumbres por actividad REDD+.

	CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE		INCREMENTO DE LAS RESERVAS DE CARBONO		DEFORESTACIÓN		DEGRADACIÓN	
AÑO	Ton CO2 eq	Incertidumbre	Ton CO2 eq	Incertidumbre	Ton CO2 eq	%	Ton CO2 eq	%
2006	-25,299,721	18.2%	-5,575,266	22.4%	18,103,832	21.3%	3,082,738	21.5%
2007	-25,235,324	18.2%	-7,896,170	19.7%	9,167,060	25.3%	2,349,769	20.4%
2008	-25,326,752	18.0%	-6,970,073	20.7%	12,270,118	23.2%	2,024,310	19.9%
2009	-25,015,327	18.0%	-6,496,207	20.5%	13,234,387	20.4%	3,522,097	22.7%
2010	-25,049,708	18.0%	-10,052,871	18.8%	7,568,091	28.5%	1,964,396	25.2%
2011	-25,765,996	17.8%	-7,598,423	20.6%	8,789,455	28.5%	2,161,014	23.7%
2012	-25,798,817	17.8%	-6,673,297	21.0%	9,385,757	23.4%	2,674,296	22.8%
2013	-25,694,415	17.8%	-9,368,332	20.4%	7,456,066	24.6%	2,466,995	19.7%
2014	-25,467,969	18.1%	-8,368,200	20.5%	6,831,493	27.8%	2,433,512	24.8%
2015	-26,123,926	17.8%	-7,986,080	21.9%	9,464,972	25.1%	3,135,351	17.9%
Promedio ⟶		**18%**		**21%**		**25%**		**22%**

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

Finalmente se presentan las incertidumbres del Nivel de Referencia Forestal de Panamá:

Tabla 43. Incertidumbres del Nivel de Referencia Forestal de Panamá.[45]

	NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL	
AÑO	Ton CO2 eq	Incertidumbre
2006	-21,510,746	11.8%
2007	-18,028,526	12.0%
2008	-14,755,051	11.9%
2009	-25,570,091	11.2%
2010	-22,413,951	12.0%
2011	-20,412,061	12.3%
2012	-25,139,687	11.8%
2013	-25,303,083	11.7%
2014	-21,509,683	12.2%

Fuente: MiAMBIENTE 2021.

[45] Para mayor detalle de este proceso consultar el Anexo 13 en donde reposan todos los cálculos realizados para la estimación de la incertidumbre

13. PLAN DE MEJORA

1. **Disponibilidad de más imágenes de muy alta resolución**: Para poder mejorar el monitoreo de la degradación forestal, es necesario contar con más fuente de imágenes satelitales. También se pretende explorar la opción de incluir imágenes de RADAR para determinar con mayor precisión las perturbaciones del dosel. De esto dependerá las capacidades técnicas y el apoyo que se pueda recibir.

2. **Revisión de algunos factores de emisión**: si bien es cierto la gran mayoría de los factores de emisión provienen del Inventario Nacional Forestal y de Carbono, estos son valores para bosques con cierto grado de madures. Por ejemplo, la biomasa aérea que se utiliza son de bosques de edad avanzada. Al tener datos de actividad anuales con Collect Earth Online debemos explorar tener biomasas al año de conversión. Esto se está coordinando con la Dirección Forestal de MiAMBIENTE para que se tenga en cuenta nuevas parcelas de diferentes bosques en diferentes etapas sucesional.

3. **Monitoreo de la degradación**: Se requiere mejorar la definición de degradación forestal en términos cuantitativos y establecer un umbral que indique el límite de degradación y deforestación. Esto requiere un apoyo y financiamiento para desarrollar una definición más específica para Panamá.

4. **Carbono Orgánico del Suelo**: El componente de carbono orgánico en suelo no fue incluido en este nivel de referencia debido al falta de datos detallados sobre aplicación de cal (encalado) y de información para estimar la formación de carbonatos minerales, lixiviación y transporte de carbono inorgánico y otros. Esto aún no se ha logrado por circunstancia nacionales (falta de acceso al financiamiento). Esto conlleva arreglos institucionales para recopilar esta información lo más transparente y precisa posible. Por este motivo, se recomienda la realización de estudios científicos como colecta de información, elaboración de mapas y otros, que ayuden a sustentar esta afirmación. Para poder lograr este objetivo Panamá deberá tener acceso al financiamiento climático.

5. **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.

6. **Carbono Azul**: Debido a que Panamá incluyo en sus NDC's 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.

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., -Yrízar, 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/situaciondelosrecursoshidricos.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, Capitulo 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/treesearch/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=hpbwlk9ohl42ylwys0eicsqi6

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 geoespaciales para la estimación de GEI del sector UTCUTS. Disponible en: https://www.dropbox.com/s/rjpzpzho8igz8jj/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=xmvm8kig10oenxyx1zke8jor4

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=sr0q1do90u5i237b55hnzk9ly

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

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://capacidadagrologica.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. Ley 10 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
Anexo 2. Ley 88 Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
Anexo 3. Ley 38 Enmienda de Doha.
Anexo 4. Ley 40 Acuerdo de París.
Anexo 5. Ley 69 incentivos a la reforestación.
Anexo 6. Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá (INFC) "Manual de Campo" - Resultados de la Fase Piloto.
Anexo 7. Metodología para la detección y cuantificación de incendios de Masas Vegetales por el Ministerio de Ambiente.
Anexo 8. Aprovechamiento, Leña e Incendios.
Anexo 9. Metodología para la detección y cuantificación de incendios de Masas Vegetales por el Ministerio de Ambiente.
Anexo 10. Estudios Base Para Ciudad De Panamá Estudio De Crecimiento Urbano, 2016.
Anexo 11. Flujo de la información Estadística de aprovechamiento Forestal.
Anexo 12. Metodología para la estimación de la Tasa de crecimiento de los Manglares en Panamá.
Anexo 13. Proceso de cálculo del INFC de Panamá.
Anexo 14. Calculo de Incremento Medio Anual (IMA) para plantaciones latifoliadas y Coníferas en Panamá.
Anexo 15. Estimación de los Factores de Emisión del Inventario Nacional Forestal y de Carbono Fase Final.
Anexo 16. Proceso de Construcción de estratos para el muestreo con Collect Earth Online.
Anexo 17. Proceso para la estimación de Gw para manglar.
Anexo 18. Protocolo para la interpretación de unidades de muestreo con imágenes de satélites utilizando la plataforma Collect Earth Online (CEO)
Anexo 19. CEO_Theoretical_Manual
Anexo 20. CEO_Theoretical_Manual_March_2020a