



PRESENTACIÓN OFICIAL DE LOS NIVELES DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES DE PANAMÁ (NREF)

2022

NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL DE PANAMÁ

Ministerio de Ambiente de Panamá

Milcíades Concepción

Ministro de Ambiente.

Ligia Castro de Doens

Directora de Cambio Climático y

Asesora del ministro de Ambiente

Coordinación técnica:

Yoisy Belén Castillo

Jefa del Departamento de Mitigación

Genoveva Quintero

**Coordinación del proyecto REDD+
para la Dirección de Cambio Climático**

Marcial I. Arias Medina

Coordinador Técnico del Nivel de Referencia Forestal

Colaboradores:

Omar Rodríguez

Isaías Martínez

Yusseff Domínguez

AGRADECIMIENTOS

Para la elaboración de este documento se contó con el apoyo económico del Fondo Verde del Clima 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 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) 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) de MiAMBIENTE, lo cual permitió contar con el apoyo de expertos para lograr los objetivos presentados en este informe.

De igual forma agradece a los donantes del Fondo Verde del Clima (GCF, por sus siglas en inglés), la cual es una instancia voluntaria y multilateral que apoya financieramente a Panamá para avanzar en REDD+.

Glosario.

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

DAP: Diámetro a la altura del pecho

EA: 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.

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.

SOC: Carbono Orgánico del Suelo (por su traducción del inglés: Soil Organic Carbon)

t.d.m: Toneladas de materia seca

Tabla de contenido

1 DETALLES SOBRE CIRCUNSTANCIAS NACIONALES	2
2 DESCRIPCIÓN DE POLÍTICAS Y ACCIONES DE MITIGACIÓN	4
2.1 Arreglos institucionales	4
2.2 Legislación	7
2.3 Consistencia con el inventario nacional de GEI	10
2.4 Mejoras implementadas con respecto al NREF anterior	11
3 ESCALA	12
4 DEFINICIÓN DE BOSQUE	13
5 CATEGORÍAS DEL USO DE LAS TIERRAS SEGÚN EL IPCC	14
5.1 Esquema de clasificación de usos de la tierra	14
5.2 Recategorización para el Nivel de Referencia Forestal	21
6 ACTIVIDADES REDD+	23
7. RECOPIACIÓN DE DATOS	25
7.1 Inventario Nacional forestal y de carbono de Panamá (INCF)	25
7.1.1 Diseño de muestreo	26
7.1.1.1 Determinación del diseño del muestreo	26
7.1.1.2 Estratificación	27
7.1.2 Mediciones en la unidad de muestreo	29
7.1.3 Reservorios de carbono considerados en el INFC	30
7.2 Datos de actividad- usos y cambios de uso de la tierra	31
7.2.1 Diseño De Muestreo	31
7.2.1.1 Muestreo aleatorio estratificado en cuatro estratos	31
7.2.1.2 Tamaño de la muestra y distribución de puntos	32
7.2.1.3 Post estratificación de los datos de muestreo.	33
7.2.2 Diseño de respuesta	34
7.2.2.1 Definición de unidades de muestreo	35
7.2.3 Colecta de datos	36
7.2.3.1 Capacitación de técnicos	36
7.2.3.2 Interpretación de imágenes	36
7.2.3.3 Procesamiento de datos geoespaciales	36
	40
8 PROCESAMIENTO DE DATOS	40
8.1 Procesamiento de datos del inventario nacional forestal y de carbono de panamá, resultados del levantamiento de información 2013-2018 (INCF)	40
8.1.1 Métodos de Estimación para Factores de Emisión	40
8.1.1.1. Volumen total del árbol	40
8.1.1.2 Volumen comercial del árbol	41
8.1.2 Biomasa aérea	41
8.1.2.1. Árboles	41

8.1.2.2 Palmas y helechos arbóreos	42
8.1.2.3 Lianas	43
8.1.3 Biomasa subterránea	43
8.1.4. Estimación del carbono en la biomasa	43
8.1.5 Carbono en madera muerta - tocones	43
8.1.6 Carbono en madera muerta caída	44
8.1.7 Carbono en hojarasca	45
8.1.8 Estimación del error de muestreo	46
8.1.9. Aplicación de factores de expansión	47
8.2 Procesamiento de datos del Mapatón para la estimación de áreas (DA).	48
9 RESULTADOS	50
9.1 Resultados del inventario nacional forestal y de carbono de panamá, levantamiento de información 2013-2018 (INCF)	50
9.2 Resultados de datos de actividad- usos y cambios de uso de la tierra	51
9.3 Control de calidad	63
9.3.1 Control de calidad del inventario nacional forestal y de carbono de panamá (INFC)	63
9.3.2 Giras de validación de campo del Mapatón 2021	64
10 ESTIMACIONES DE EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI	68
10.1 Cambio en las existencias de carbono de la biomasa (biomasa aérea y subterránea)	68
10.1.1 Tierra que permanece en la misma categoría de uso	68
10.1.2 Tierras que se convierten a una nueva categoría de uso	80
10.2 Cambios de las existencias de carbono en materia orgánica muerta (DOM)	83
10.2.1 Tierra que permanece en la misma categoría de uso	83
10.2.2 Tierras que se convierten a una nueva categoría de uso	84
10.3 Cambios en la existencia de carbono en hojarasca	85
11. RESULTADOS DE EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI POR ACTIVIDAD REDD+ Y EN SU CONJUNTO. (NETAS) Y EL NR	85
11.1. Drivers de cambios de uso de la tierra	85
11.2 Emisiones y absorciones por actividades REDD+	87
11.3 Nivel de Referencia forestal	88
12 INCERTIDUMBRE ASOCIADA	89
12.1 Resultados	91
13 PLAN DE MEJORA	92
14 REFERENCIAS	93
15 ANEXO	97

Presentación Oficial de los Niveles de Referencia de Emisiones Forestales (NREF)

Con el objetivo cumplir con los compromisos adquiridos por la República de Panamá ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre 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 sus Niveles de Referencia de Emisiones Forestales/Nivel de Referencia Forestales (NREF/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, ha sido preparado 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. Panamá desarrolló a nivel nacional el presente NREF/NRF en línea con las decisiones de la COP para REDD+, Panamá presenta el siguiente NREF/NRF bajo un enfoque **“step-wise approach” o enfoque escalonado**, para la mejoría continua de sus métodos y datos. Este NREF/NRF incluye información que por primera vez se produce en el país sobre el uso y cambio de uso de la tierra en el periodo 2006-2015 y las emisiones de GEI y absorciones de CO₂ 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 NREF/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+, Panamá 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 de donde enfocar esfuerzo y medir el rendimiento de cada una de estas actividades.

1 DETALLES SOBRE CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

En 1995, la República de Panamá como Parte de 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) y la aprobación en el 2007 de la Política Nacional de Cambio Climático, y su actualización en el 2012, creación del Ministerio de Ambiente (2015) y la conformación de la Dirección de Cambio Climático (2018), toda estas acciones acorde a las características biofísicas del territorio nacional.

La República de Panamá posee un territorio continental e insular de 75,135.62 km² y 200 millas náuticas. La Constitución Política de la República de Panamá¹ en su Artículo 5 establece que la división político-administrativa de la República de Panamá (Figura 1), comprende 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). (Gobierno de Panamá - NDC, 2016).

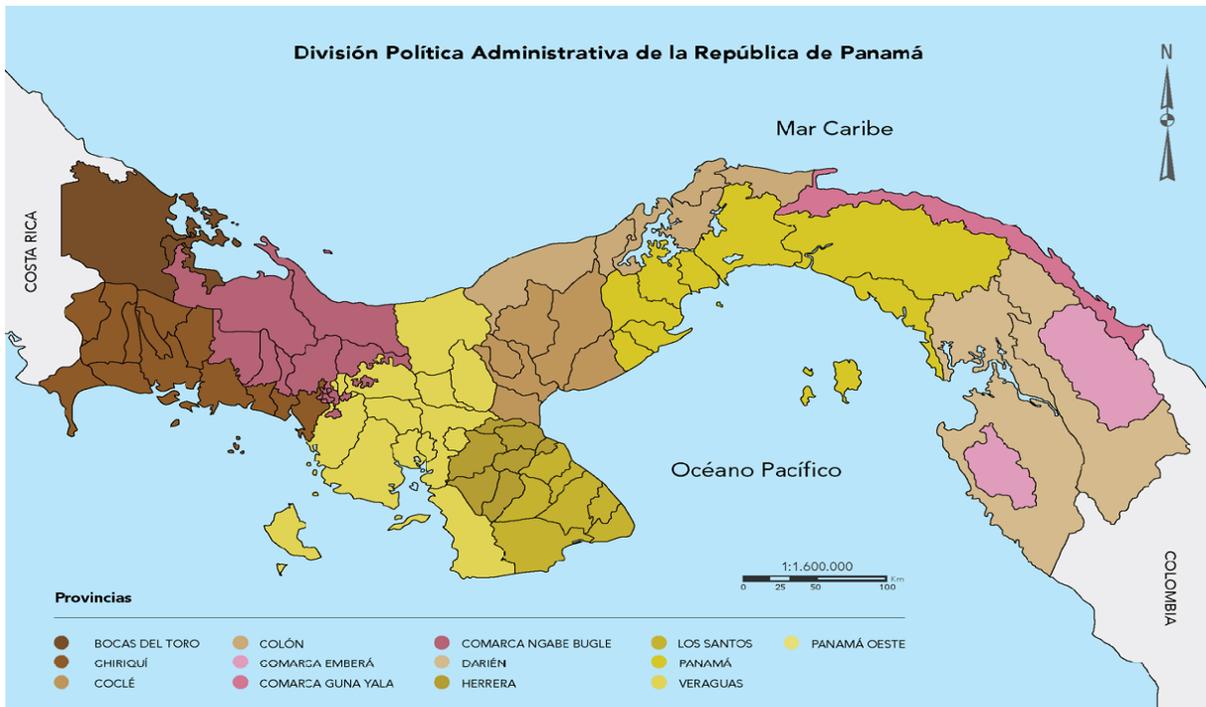


Figura 1. División político-administrativo de la República de Panamá

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 reformativos de 1978, el acto constitucional de 1983, los actos legislativos No1 de 1993 y No2 de 1994 y el acto legislativo No1 de 27 de julio de 2004.

Con respecto al uso potencial del suelo, el 25% de los suelos del país tienen aptitud de uso agropecuario; no obstante, las estadísticas nacionales reflejan que el uso actual no coincide pues en 2016, el área sobre la cual se asienta la producción agrícola ya sean cultivos anuales y perennes representan el 17.2 % y para la ganadería, forestación y el refugio de vida silvestre representa el 82.8 % del total de la clasificación de los suelos (Tejeira, 2016).

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) de Panamá lo integran 26 categorías de manejo, según la Resolución JD-09-94: parques nacionales, terrestres y marinos, bosques protectores y refugios de vida silvestre, son algunas de las categorías de manejo que integran el SINAP entre las que se incluyen áreas con categorías de manejo de reconocimiento internacional: 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 de casi 3 000 000 de hectáreas de superficie terrestre, lo que equivale casi al 40% del territorio nacional (Arosemena, 2020). Estas medidas se ven reforzadas por la aprobación del texto de Decreto Ejecutivo que crea el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en enero de 2007, y la Ley 41 General de AMBIENTE de 1998.

En cuanto al recurso hídrico en Panamá existen 52 cuencas hidrográficas, las cuales recogen las aguas de unos 500 ríos este régimen hídrico está condicionado por la posición, orientación y el relieve del Istmo y se divide en 5 zonas hídricas², 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 vida³ (ANAM, 2009) (Tosi, 1971 citado por ANAM, 2014). De acuerdo con el sistema de clasificación del World Wildlife Fund for Nature (WWF), que utiliza el concepto de ecorregiones, en Panamá están presentes 8 de las 200 ecorregiones mundialmente reconocidas⁴ (Dinerstein, 1975; citado por ANAM, 2014) (MiAMBIENTE, 2018).

En términos del proceso de acciones de mitigación de cambio climático para el sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) Panamá promueve la Estrategia Nacional REDD+ (ENREDD+) que tiene como visión 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), este tiene como visión la planificación de las acciones de reforestación, ser un instrumento para restaurar cuencas hidrográficas productoras de agua e impulsar la

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

estrategia de Desarrollo Económico y Social baja en Carbono para lograr la neutralidad de carbono 2050. Para la implementación del PNRF se cuenta con la Estrategia Nacional Forestal 2050, la Ley 69 de incentivos forestales y la Alianza por el Millón de Hectáreas (MiAMBIENTE, 2021a; MiAMBIENTE, 2020a). Ambas acciones tienen el objetivo de conservar la superficie de bosques remanentes, su biodiversidad además está alineadas con la CDN1 Actualizada de Panamá y las 5 actividades REDD+.

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 con un ritmo de crecimiento mayor con respecto al resto de provincias (INEC, 2019)⁵, con base en las proyecciones que realiza el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) la población en Panamá al 1 de julio de 2018, se estimó en 4.158.783 (INEC, 2019), el total de hombres es de 2.085.950 representando un 50.2 % y el de mujeres es de 2.072.833 representando un 49.8 % (MINSALUD, 2019).

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).

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).

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 cumplimiento 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 como punto focal REDD+ ante la Convención Marco de las Naciones Unidas

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

sobre el Cambio Climático (CMNUCC), tiene la responsabilidad de coordinar la elaboración y presentar los Niveles de Referencia de Emisiones Forestales.

Programa Nacional Reduce Tu Huella.

El Decreto Ejecutivo N° 100 de 20 de octubre de 2020 reglamenta el Capítulo II del Título V del Texto Único de la Ley 41 de 1 de julio de 1998, Ley General de Ambiente de la República de Panamá, sobre la Mitigación del Cambio Climático Global, 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 y dicta otras disposiciones. Este Decreto establece que la generación de los datos de actividad del sector de uso del suelo será generada por el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques de la Dirección de Información Ambiental del MiAMBIENTE.

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: A. Consolidar el sistema de coordinación interinstitucional para el cumplimiento de lo dispuesto en los acuerdos internacionales sobre cambio climático. B. Servir de contraparte coordinadora de las acciones con el Sistema Interinstitucional del Ambiente. C. Promover el tema de cambio climático, de manera transversal, en las políticas nacionales en cada una de las instituciones miembros del comité.

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

Alianza de Programas Voluntarios de Gestión de Gases de Efecto Invernadero de América Latina y el Caribe.

La Alianza de Programas Voluntarios de Gestión de Gases de Efecto Invernadero 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 Determinada⁶ (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 (MiAMBIENTE, 2021a).

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+, ambos alineados con la CDN1 Actualizada de Panamá (MiAMBIENTE. 2021a).

Para el sector UTCUTS Panamá se compromete a la restauración 50,000 hectáreas a nivel nacional, que contribuirá a la absorción de aproximadamente 2.6 millones de toneladas de CO₂eq al año 2050, un incremento equivalente al 10% con respecto al promedio de absorciones del periodo 1994-2017 (CMNUCC, 2020).

El PNRF 2020-2025 tiene una vinculación significativa con la Estrategia Nacional Forestal 2050, tiene como objetivo estructurar y liderar los procesos para restaurar más de 50 000 Ha 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.

Este programa, cuya misión es “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”. 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

⁶ 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)

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.

El Programa Nacional de Restauración Forestal

Busca aumentar la cobertura boscosa en cuencas hidrográficas zonas degradadas o deforestadas del país. Además, propone un sistema de seguimiento, mantenimiento y monitoreo de las acciones en campo para asegurar el éxito y la calidad de las reforestaciones de cualquier actor interesado. Con esto, se continuará la mejora continua de las estadísticas forestales, se cumplirán los indicadores nacionales e internacionales a través de actividades de reforestación, restauración de bosques y riberas, regeneración natural asistida y sistemas agroforestales y silvopastoriles.

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 Ministerio de Ambiente. 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.

2.2 Legislación

Jerarquía jurídica del cambio climático.

El Estado panameño, reconociendo que un medio ambiente saludable es esencial para la vida humana, establece en el artículo 118 de su Constitución Política que es deber del Estado garantizar este ambiente sano y libre de contaminación. Además, en su artículo 119 establece que es un deber del Estado y de todos los habitantes «propiciar un desarrollo social y económico que prevenga la contaminación del ambiente, mantenga el equilibrio ecológico y evite la destrucción de los ecosistemas». Para poder asegurar el derecho de las personas a este ambiente sano y reconociendo que el cambio climático es una amenaza global importante al mismo, el Estado establece una serie de normativas para integrar e

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

institucionalizar el tema del cambio climático y así, propiciar el ambiente sano al que los habitantes tienen derecho. A continuación, se presenta el marco normativo que el país ha ido estableciendo, mostrando la adopción legal de instrumentos internacionales y luego mostrando a nivel local el manejo, gobernanza e institucionalización del cambio climático.

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 Climático⁸.
- Ley 88 - 30-11-1998, por la cual se aprueba el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático⁹.
- Ley 38 - 3-06-2015, por la cual Panamá aprueba la Enmienda de Doha al Protocolo de Kyoto de 2012¹⁰.
- Ley 40 - 12-09-2016, por la cual se aprueba el Acuerdo de París de 2015¹¹.
- 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.

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).

⁸ Mayor detalle de la Ley 10 del 12 de abril 1995 se encuentra en el Anexo 1

⁹ Mayor detalle de la Ley 88 del 30 de octubre 1998 se encuentra en el Anexo 2

¹⁰ Mayor detalle de la Ley 38 del 3 de junio 2015 se encuentra en el Anexo 3

¹¹ Mayor detalle de la Ley 40 del 12 de septiembre 2016 se encuentra en el Anexo 4

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 tiempo¹².

II. 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.

III. 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.

IV. 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:

- Decreto Ejecutivo 21 del 2 de mayo 2019 por el cual se modifica el decreto ejecutivo no. 129 de 26 de diciembre de 2018 que aprueba el reglamento de la ley 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 N° 20 del 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 del 28 de mayo de 2018 en la que instituye la estructura orgánica del MiAMBIENTE y se le asigna al Departamento de Mitigación de la Dirección de Cambio Climático, donde se le asigna elaborar periódicamente los inventarios.
- Ley 69 de 30 de octubre de 2017¹³ la cual crea un Programa de incentivos para la cobertura boscosa a nivel nacional y la conservación de bosques naturales, y dicta otras disposiciones.
- Ley No. 6 de 2 de febrero de 2005¹⁴. "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

¹² Decreto Ejecutivo N0.37 (De 3 de junio de 2009) "Por el cual se aprueba la Política Nacional Forestal, sus principios, objetivos y líneas de acción"

¹³ Mayor detalle de la Ley 69 del 30 de octubre 2017 se encuentra disponible en el Anexo 5

¹⁴ http://www.mici.gob.pa/imagenes/pdf/ley_no.6_de_2_de_febrero_de_2005.pdf

su vez dio lugar a que disminuyera la participación de inversionistas locales en actividades de reforestación.

- Ley No. 44 de 5 de agosto de 2002¹⁵, "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 1999¹⁶ "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 1995¹⁷ "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 1994¹⁸, "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 1992¹⁹, "Por la cual se establece incentivos y reglamenta la actividad de reforestación en la República de Panamá".

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

¹⁵ <https://docs.panama.justia.com/federales/leyes/44-de-2002-aug-8-2002.pdf>

¹⁶ <https://panama.justia.com/federales/leyes/58-de-1999-jan-3-2000/gdoc/>

¹⁷ http://vertic.org/media/National%20Legislation/Panama/PA_Ley_24_Vida_Silvestre_1995.pdf

¹⁸ <https://panama.eregulations.org/media/Ley%20N%C2%B0%201%20del%203%20de%20febrero%20de%201994.pdf>

¹⁹ http://www.sice.oas.org/investment/NatLeg/PAN/L_Reforest_s.pdf

El NREF también 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 también 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 NREF 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 INGEl 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 Factores 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.

2.4 Mejoras implementadas con respecto al NREF anterior

Es importante mencionar que Panamá presentó un Nivel de Referencia forestal en el 2018 y que fue evaluado por la CMNUCC. Después de un análisis y discusiones se decidió presentar un NREF nuevo, con mejoras sustanciales tanto en datos de actividad como en Factores de emisión. A continuación, se mencionarán las mejoras con respecto al NREF anterior:

1. En el NREF anterior se usó una malla de muestreo sistemática a nivel nacional. Después de analizar estadísticamente esa malla, nos percatamos que dicha malla podría ser mejorada y ser más eficiente en las distintas coberturas de interés. La malla sistemática anterior tenía 13,794 parcelas, mediante el rediseño muestral, la malla en Collect Earth Online en su nueva versión tiene 9,800 parcelas estratificada en cuatro (4) estratos: Bosque estable, Manglar, Áreas de cambio y Otras tierras. En el estrato de áreas de cambios tenemos margen de errores de 4.93%. En el muestreo anterior en las categorías de cambio teníamos errores de 8.39%.
2. En el pasado NREF se utilizó Collect Earth Desktop con enfoque de colecta de datos de actividad jerárquico, es decir, cuando el intérprete veía más de un uso de la tierra en la parcela, utilizaba una regla jerárquica en la cual la parcela tomaba un solo uso de la tierra, aunque la parcela tuviera 2 usos. Este enfoque cambia totalmente con Collect Earth Online donde se asigna un uso a cada uno de los 25 puntos dentro de esa parcela, lo que permite analizar cada uno de los puntos de forma independiente.

3. Otra mejora que se realizó fue modificar la serie histórica, ya que en el NREF anterior la serie histórica iba del 2000 al 2015. Alineando la serie historia del NREF al escenario tendencial de la Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) que es 2005-2015 se tomó la decisión de presentar en este nuevo NREF una serie histórica de 2005-2015.
4. En este Nivel de Referencia de Emisiones Forestales se trabajaron con algunos factores de emisión propios del país provenientes del Inventario Nacional Forestal y de Carbono (INFC) realizado entre los años 2012-2018²⁰. 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 sobre Cambio Climático (2IBA). (ver sección 7.1)

3 ESCALA

Panamá se encuentra ubicado en el hemisferio norte en la zona intertropical próxima al ecuador terrestre, Latitud: entre 7°12'07" Norte y 9°38'46" Norte, Longitud: entre 77°09'24" Oeste y 83°03'07" Oeste (MiAMBIENTE, 2021a)

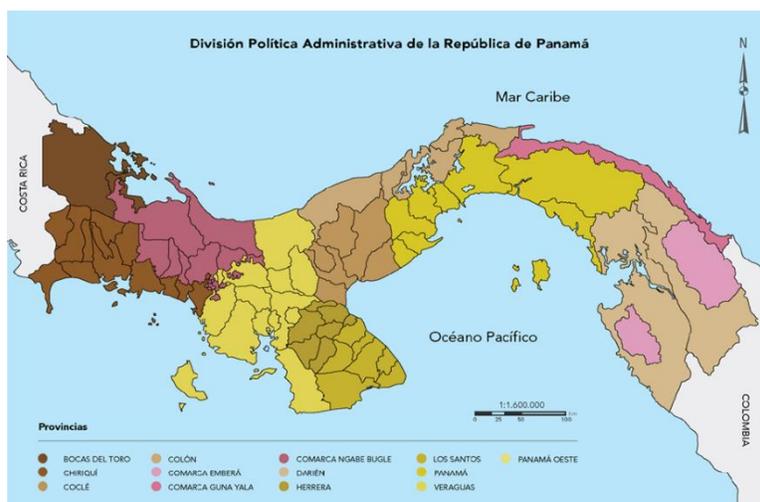


Figura 2.

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.

²⁰ Informe del Inventario Nacional 2020. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/2020_IIN_PA.pdf

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 NREF 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). La escala de **este Nivel de Referencia Emisiones Forestal es a escala Nacional**

4 DEFINICIÓN DE BOSQUE

Bosque: Tierra que se extiende por más de 0.5 hectáreas, dotada de árboles de una altura superior promedio a 5 metros, una cubierta de dosel superior al 30 por ciento, 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 (MiAMBIENTE, 2019b).

Notas explicativas sobre la definición de Bosque:

a) Las estructuras lineales de árboles (bosque de galería y cortinas rompevientos) se clasifican como bosque cuando cumplen con los criterios de superficie, altura y cubierta de dosel, y 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.

b) Formaciones de palmeras

- Rodales seminaturales de palma de coco asociados con otra vegetación, se clasifican como bosque latifoliado mixto, y se aplican los criterios de maduro/secundario. Esto no es considerado como bosque
- Rodales plantados de palma de coco deben ser clasificados como cultivo permanente. Esto no es considerado como bosque
- Plantaciones de palma aceitera deben ser clasificadas como cultivo permanente. Esto no es considerado como bosque

c) Otras formaciones de árboles

- Plantaciones de árboles frutales/aceiteras se clasifican como cultivo permanente. Esto no es considerado como bosque
- Cafetales/cacaotales se clasifican como cultivo permanente, aunque cumplen con los criterios de bosque en cuanto a superficie, cubierta de dosel y altura. Esto no es considerado como bosque

d) 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 CEO²¹.

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 al Volumen 4, capítulo 3 de las directrices 2006 del IPCC para los INGEI, el uso de la tierra se clasificaría en cuatro niveles.

1. Categoría: Tierras forestales, Tierras de cultivos, Pastizales, Asentamientos, Humedales y Otras tierras, según el IPCC (2006).
2. 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 (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 que influyen en las existencias de carbono y provocan las emisiones de GEI y absorciones de CO₂ 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. Este es un concepto incluido en las directrices del IPCC 2006, Capítulo 1 y 3, Volumen 4.

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

4. Subdivisión por formación ecológica: es un nivel más detallado de las categorías y subcategorías siguiendo criterios ecológicos, tal como lo sugiere IPCC en su capítulo 3, Volumen 4, en las Directrices del IPCC 2006. 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 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.

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 1²². 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 1. 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,

²² https://www.dropbox.com/scl/fi/01xzna6o1kwf0uu4khr4p/Protocolo-de-Mapaton-2021_V1-1.docx?dl=0&rlkey=qqku9zuw7gsi2w1d9u1jv144i

		arroz, hortalizas y otros cultivos temporales)
	Cultivos permanentes	palma aceitera, café, cacao, frutales, cítricos plátano, banano y otros cultivos permanentes
Pastizales	Pastizales con predominancia de carbono subterráneo	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. Me gustaría que revisen esta ubicación y recomienden si les parece bien o si les parece ubicarla en otra categoría (p ej. en rastrojo)
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. Dirección de Cambio Climático/Dirección de Información Ambiental. Protocolo de interpretación de imágenes satelitales para la realización del Mapatón 2021 con CEO.

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.

Adicionalmente, puede determinarse que la cobertura de bosque maduro se ha mantenido durante al menos 40 años, aun cuando se haya practicado tala selectiva.

- 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 sucesional 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 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 en Panamá son muy escasos. En Panamá encontramos este ecosistema 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

- 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"

- a) Lagos

Superficie de agua natural de carácter abierto o cerrado. Incluye lagunas costeras con agua salobre.

- b) 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.

- c) Tierras bajas inundables naturales²³.

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.

- d) 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.

²³ Clasificación y definiciones según ANAM/OIMT, 2003.

- **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 navegación²⁴.

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 las 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.

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.

- Otra área cultural: Comprende áreas de cualquier otro uso de carácter cultural.

Otras Tierras

Otras tierras: 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 Rocosos y tierra desnuda: Los afloramientos rocosos 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 efecto 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 2. Recategorización 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
	Tierras que se convierten a tierras forestales	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 a Otros Usos de la Tierra	
Asentamientos	Tierras forestales que se convierten a Asentamientos	Deforestación a Otros Usos de la Tierra	
Otras tierras	Tierras forestales que se convierten a Otras Tierras	Deforestación a Otros Usos de la Tierra	

6 ACTIVIDADES REDD+

De acuerdo con la Decisión 1 / CP.16, párrafo 70, el NREF/NRF fue construido para servir como punto de referencia²⁵ para la implementación de las siguientes actividades REDD:

1. **Reducción de emisiones por deforestación:** reducción de emisiones de GEI producto de la eliminación y destrucción de bosques por cualquier método, por debajo de los límites de la definición de bosque²⁶, generando emisiones por el 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, parte de una detección visual a partir de imágenes Landsat 8, Landsat 7, Sentinel-2 e imágenes de alta resolución en el último año del NRF. Luego estableció cual uso tenía los puntos que están dentro de la parcela. En los casos que se detectó Tierra No Forestal, se verificó año a año hasta el 2005 para ver si en algún momento fue bosque. Luego se asignó el año de la deforestación o el año del cambio en la encuesta de Collect Earth Online. Sí se detectó una deforestación en años intermedios del periodo referencia 2005-2015, y al final de la serie temporal terminó siendo bosque, la parcela se reportó como "Incremento de las existencias de carbono forestal (Bosque Secundario)".

2. **Reducción de emisiones por degradación forestal:** Reducción de emisiones de GEI y absorciones que resultan del detrimento de un bosque maduro, Secundario o cualquier tipo de bosque natural a Vegetación arbustiva o Rastrojo. También todo bosque natural que sea transformado a plantación es considerado degradación forestal en el contexto de REDD+. 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 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.

Mediante Collect Earth, el intérprete categorizó cada uno de los 25 puntos dentro de la parcela en los 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 de consecutivas de imágenes se revisa con detalle si hay cambios sutiles o evidentes en la reflectancia de la parcela. También se aseguró que no hubiese tala rasa o algún cambio de uso de la tierra, si la parcela, según definición seguía siendo bosque, 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

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

degradación ocurre muy a menudo en Panamá en tierras boscosa sobre todo en bosques maduros y bosque secundarios. En esta sección nos aseguramos 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, provienen de datos estadísticos recopilados por las diferentes 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 se contemplaron estas dinámicas dentro de las tierras forestales que permanecen como tal. 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"

- 3. Incremento de las existencias de carbono forestal:** Aumento de las absorciones de CO₂ resultantes de la conversión de tierras no forestales (Tierras de cultivos, Pastizales, Humedales y Otras Tierras) a 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, y 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 stock 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 se requiere de mayor tecnología para poder evidenciar esta conversión y de una serie temporal más larga.

En la gráfica anterior podemos ver el enfoque de interpretación al momento de observar las parcelas en termino de aumento de los acervos de carbono con Collect Earth Online.

En Collect Earth pudimos ver la historia o los antecedentes de esas parcelas desde 2005 hasta 2015. Si en algún momento esa parcela fue deforestada y por condiciones naturales o asistidas inicia una sucesión ecológica que va desde que se taló, luego pasa a rastrojo, después de 5 años sí no se altera y cumple con las especificaciones definidas para bosque en Panamá, se considera que cambia a un Bosque Secundario. 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. Aquí también se considera aumento de stock las transiciones de rastrojos a bosque secundario ya que hay un incremento en la biomasa forestal. También los pastos y tierras de cultivos que se transforman a Plantaciones Forestales (Latifoliadas y Coníferas) se consideran aumento de stock de carbono.

4. Conservación de las existencias de carbono: Emisiones de GEI y absorciones de CO₂ en 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

5. Manejo sostenible de los bosques: Emisiones de GEI y absorciones de CO₂ que resultan del manejo forestal producto de actividades en la que se realiza el aprovechamiento de bosques naturales bajo criterios

técnicos de producción racional e integral y en la que el volumen o unidades que se extraen del bosque en el espacio y tiempo sea igual o menor al volumen o unidades que produciría dicho bosque dentro del mismo tiempo y espacio de forma natural, permitiendo la generación de beneficios tangibles e intangibles a largo plazo, sin afectar sensiblemente el ecosistema.

Las actividades de Conservación y manejo forestal no se reportan discriminadamente en este NREF, serán reportadas de manera conjunta ya que aún se está actualizando los polígonos de concesiones forestales. Una vez terminada la actualización tendremos herramientas técnicas para poder 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. RECOPIACIÓN DE DATOS

7.1 Inventario Nacional forestal y de carbono de Panamá (INFC)

El Inventario Nacional Forestal y de Carbono en Panamá se inició en el año 2012 y 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 87²⁷ 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 ().

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

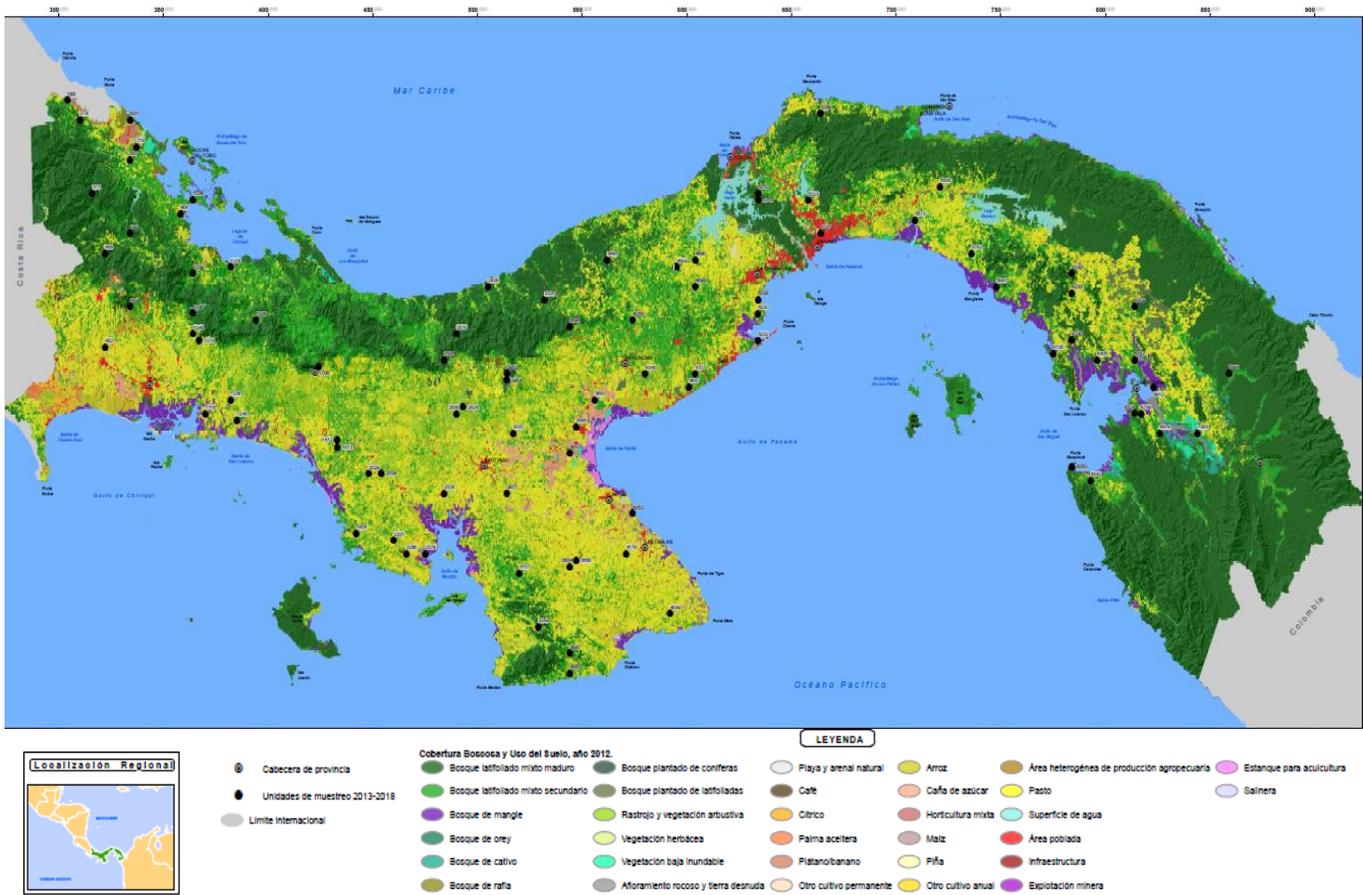


Figura 3. Distribución de las UM para el INFC
Fuente: Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá (MiAMBIENTE 2015)

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 premuestreo para definir el diseño de la fase final, se decidió continuar con el diseño sistemático estratificado, ampliando el número de estratos a cinco. La cantidad de UM para los cinco estratos generados se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. 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,

No.	Estrato	CUT	UM incluidas
			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	

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 INFC²⁸ 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 Holdridge²⁹, 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), (Figura 4).

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

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.

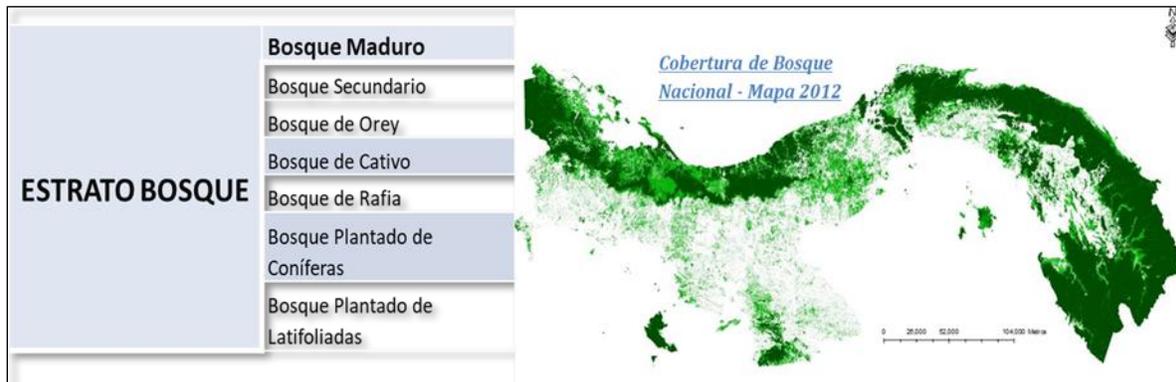


Figura 4. Estrato de bosque, agrupando las unidades de muestreo en las categorías de bosques del mapa de cobertura y uso de la tierra 2012

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

Figura 6

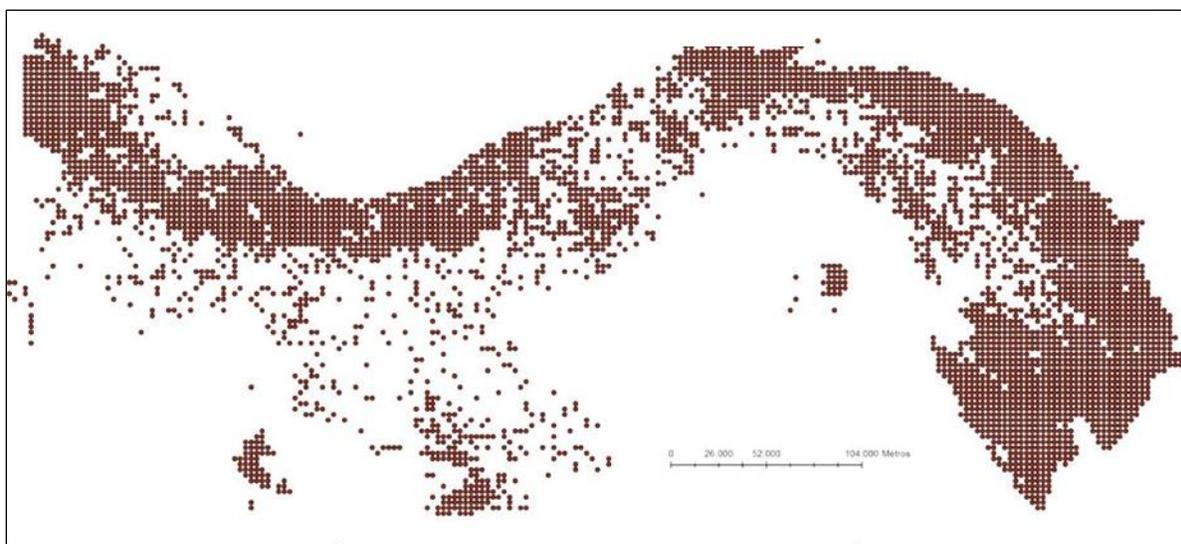


Figura 5. Red de unidades de muestreo filtradas

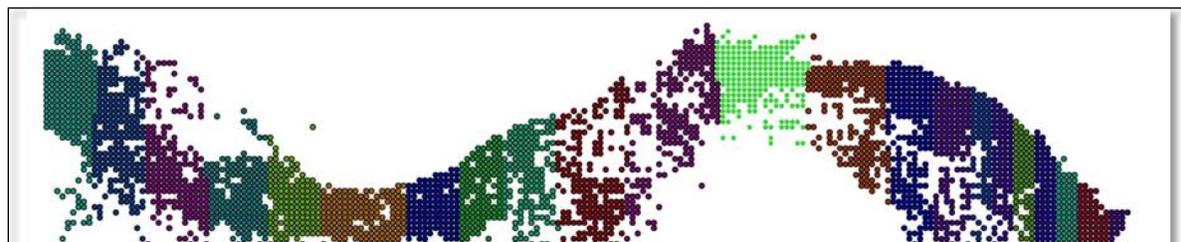


Figura 6. 22 bloques para la selección de muestras para el estrato bosque

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.

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 7). 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 socioeconómica³⁰

³⁰ Más información en el Anexo 6

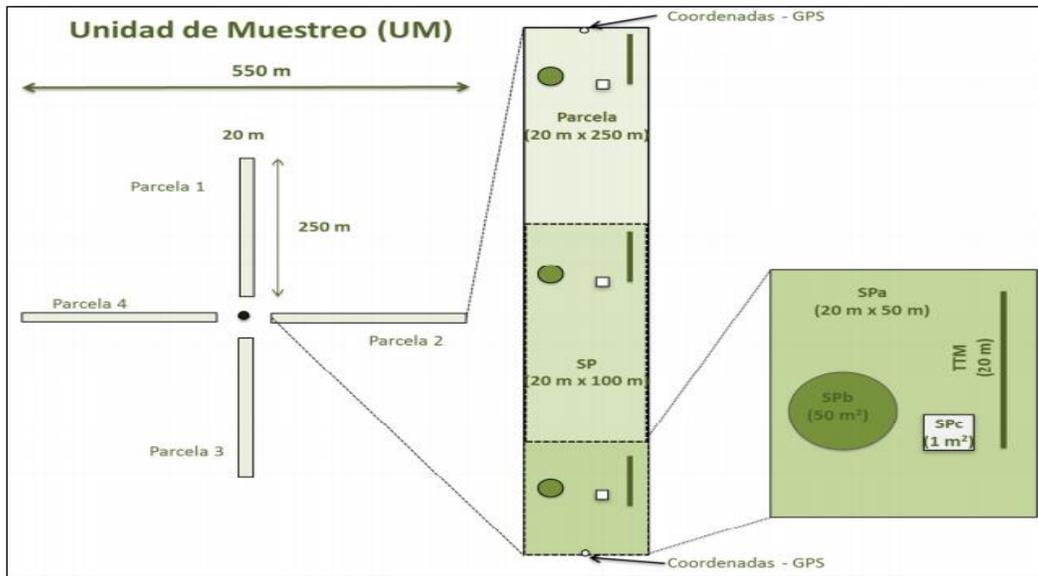


Figura 7. Detalle del diseño de la UM, parcela y subparcelas anidadas utilizadas en el INFC

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

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.
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.

Para poder tomar una decisión definitiva de excluir este reservorio se realizó un análisis con datos por defecto de las guías del IPCC 2006.

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%

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.

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 usaron 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. IPCC 2006). 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).

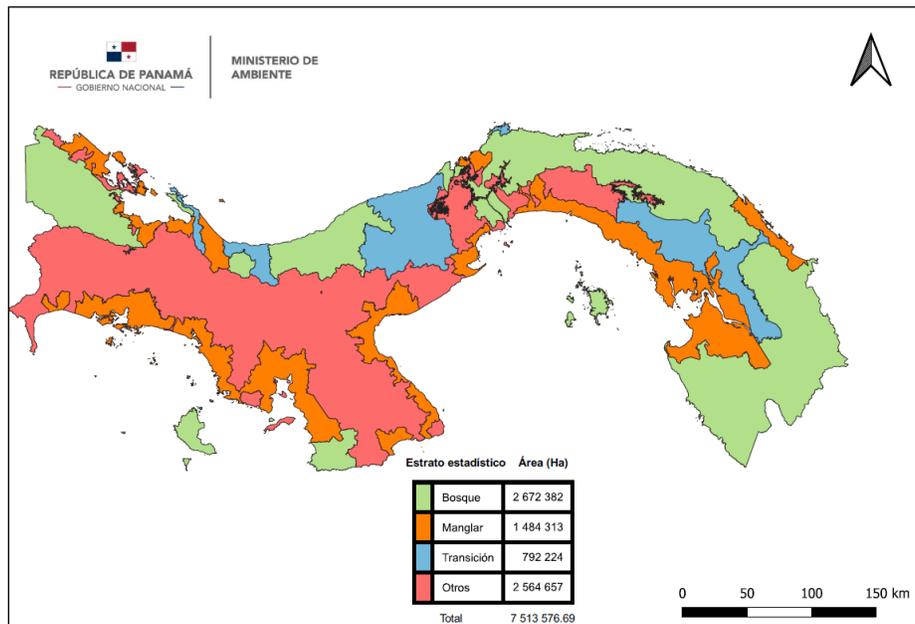


Figura 8. Estratos estadísticos para el muestreo aleatorio estratificado

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 4).

Tabla 4. 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).

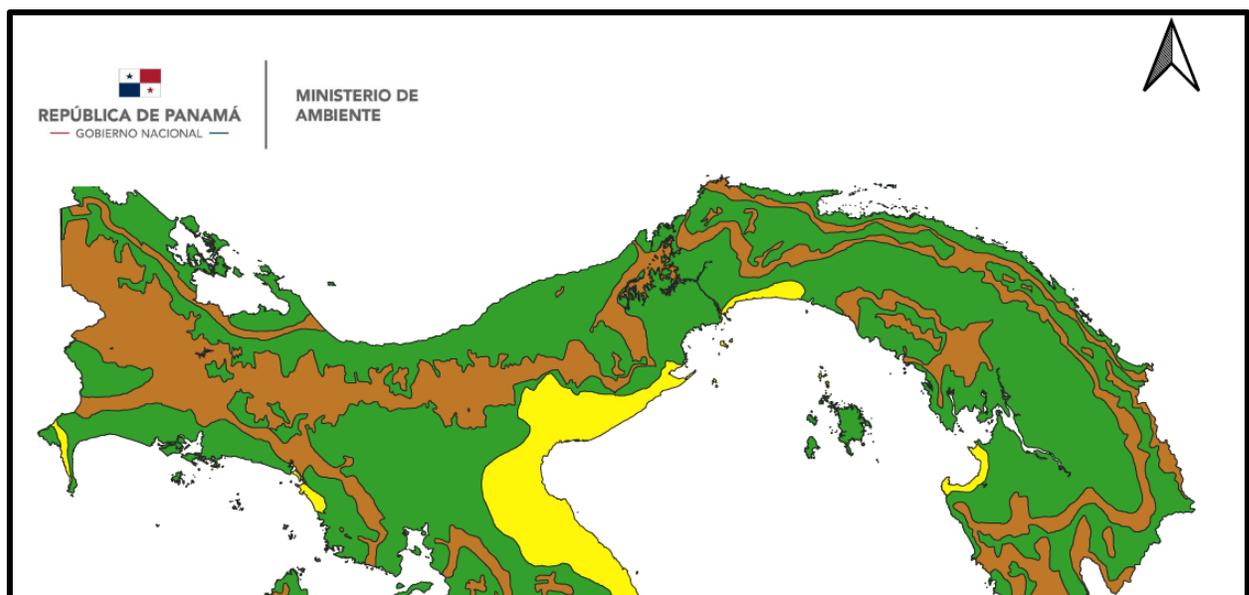


Figura 9. Regiones climáticas de Panamá

La combinación de los cuatro estratos estadísticos originales y las tres regiones climáticas de Panamá resultó en un total de doce estratos (Tabla 5). 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 5. 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

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

7.2.2 Diseño de la muestra

Los datos geospaciales 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 geospaciales 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 6). 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 6. 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

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 7). 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) combinaciones posibles 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 7). 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 revisaron y reclasificaron en total 1 500 parcelas de muestreo equivalente a 37500 puntos de muestreo (25 puntos por cada parcela de muestreo).

En reuniones técnicas sostenidas en 2017 con equipos de Ing. Forestal 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 7. 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

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 todos 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 observa en dos puntos de muestreo, por lo tanto, se registró el cambio de uso de pastizal a asentamientos para esos dos puntos.

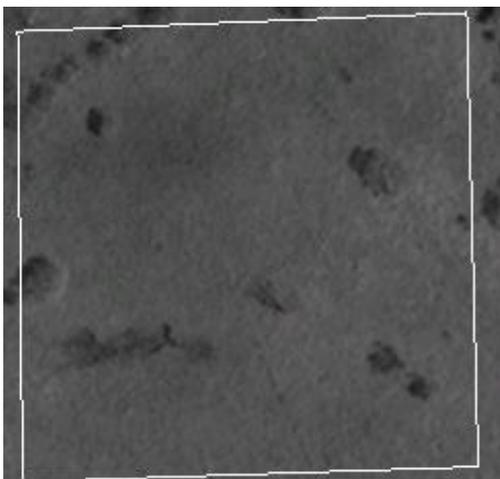


Figura 12. Cambio de uso de la tierra de "pastizal" a "asentamiento"
Fuente: Google Earth 2012.

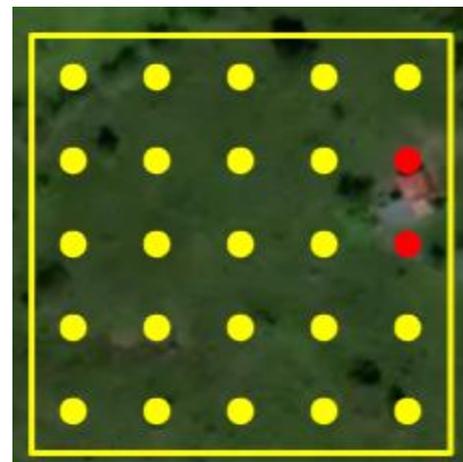


Figura 11. Asentamiento en dos puntos dentro de una unidad de muestreo.
Fuente: Collect Earth Online 2015.

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), 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 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

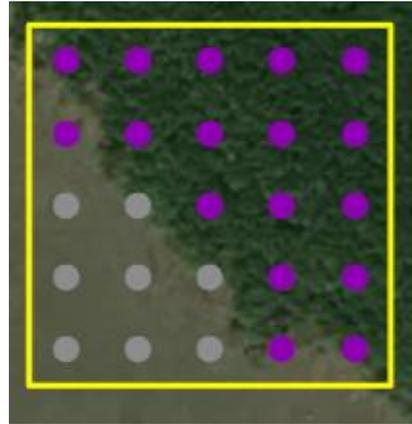


Figura 14. a "Manglar"
Fuente: Collect Earth Online 2015.

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:

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

Donde:

vtot = volumen total del fuste del árbol (m³)

g = área basal del árbol (m²)

h = altura total del árbol (m)

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

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

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:

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

Donde:

vcom = volumen comercial del árbol (m³)

g = área basal del árbol (m²)

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

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

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

8.1.2 Biomasa aérea

8.1.2.1. Árboles

Para estimar la biomasa aérea de los árboles se utilizó el siguiente modelo general de biomasa aérea desarrollado por Chave et al. (2014)³¹:

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

donde:

ba = biomasa aérea, peso seco (kg)

dap = diámetro a la altura del pecho (cm)

h = altura total del árbol (m)

ρ = densidad de la madera (g/cm³)

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

La ecuación de Chave et al. (2014) se incluyó datos de bosques maduros y bosques secundarios, excluyendo sistemas agroforestales y plantaciones, de 53 sitios con vegetación no perturbada y 5 sitios forestales secundarios que abarcan una amplia gama de tipos de vegetación, para un total de 4004 árboles con un diámetro de tronco de 5 a 212 cm. Incluyó bases de datos de Colombia y Costa Rica, las cuales tienen condiciones similares a las de Panamá

Según este estudio, la gravedad específica de la madera fue un importante predictor de la biomasa aérea, especialmente cuando se incluye una gama mucho más amplia de tipos de vegetación. Por lo tanto, para utilizar esta ecuación alométrica se requiere el valor de la densidad de la madera. Para establecer la densidad de cada especie se utilizó la base de datos de DRYAD³² como referencia. De esta base de datos se utilizaron solamente las especies de Centroamérica, México y la zona tropical de América del Sur. Si la especie no tenía una referencia de densidad, se utilizó el promedio del género; si no existían datos de género se usó el promedio de la familia; si no era posible obtener ninguna de las anteriores, se utilizó el promedio de todas las especies correspondiente a 0.6277 g/cm³.

8.1.2.2 Palmas y helechos arbóreos

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

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

Donde:

ba = biomasa aérea (kg)

dap = diámetro a la altura del pecho (cm)

hf = altura del fuste de la palma (m)

0.37 = densidad de la madera (g/cm³)

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

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

Donde:

h = altura total del helecho (m)

³² <http://datadryad.org/repo/handle/10255/dryad.235>

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:

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

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.

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

Donde:

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

ba = biomasa aérea, peso seco (t/ha)

8.1.4. Estimación del carbono en la biomasa

Para la estimación del carbono en la biomasa (tanto aérea como subterránea) se utiliza la fracción de carbono por especies según Martin & Thomas (2011)³⁷, y en caso de no disponer del valor de una especie, se utiliza 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 m²), en total 4 subparcelas por UM.

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

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

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

Donde:

v_{toc} = volumen del tocón (m^3)

d_1 y d_2 = diámetro menor y mayor del tocón (cm)

h = altura del tocón (m)

A cada uno de los tocones inventariados se asignó un valor de densidad de madera y una fracción de carbono en función del estado de descomposición que se determina en campo, según indica la siguiente Tabla 8:

Tabla 8. Valores de densidad y fracción de carbono para los tocones en función de su descomposición

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

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:

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

Donde:

v_{mmc} = volumen de la madera muerta caída (m^3/ha)

l = largo del transecto (m)

d = diámetro de la pieza (cm)

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

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 9 se muestran los valores por categoría:

Tabla 9. Valores de densidad y fracción de carbono para madera muerta caída en función de su descomposición

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

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

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

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

Donde:

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

ph = peso húmedo (gramos)

ch = contenido de humedad (%)

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

En el campo se clasifica la hojarasca de cada parcela en categorías por contenido de humedad según la siguiente Tabla 10

Tabla 10. 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

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

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

Donde

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

ps = peso seco (gramos)

c% = porcentaje de carbono obtenido del análisis de laboratorio

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

Es recomendable utilizar todas las subparcelas de hojarasca para el análisis, aplicando el porcentaje de carbono obtenido del análisis de laboratorio de la subparcela central. En este caso es necesario aplicar un factor de ajuste para que cada observación de una subparcela corresponda a un valor por hectárea. Se levantaron 12 parcelas por UM, con una superficie total de 12 m² y el factor de ajuste que habría que aplicar corresponde a 833.33 (10000 m² / 12 m²). Si el peso de la hojarasca es medido en gramos, el factor de ajuste para llevar la estimación a t/ha será de 0.00083333. Para expresar el contenido de carbono de los cinco reservorios de carbono en términos de CO₂ equivalente, se multiplica 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:

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

Donde:

e = estimación del error de muestreo de la variable y

s = desviación estándar de la variable y

n = número de unidades de muestreo de la muestra

N = número de UM de la población

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

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

Los cálculos se realizaron automáticamente utilizando el Sistema de Inventario de Bosques Públicos (SIBP V3.0). El sistema fue elaborado en Visual Basic NET, que es un lenguaje de programación que permite el manejo de bases de datos relacionales. Este permite la captura, procesamiento y generación de reportes a partir de los datos que se levantan en cada una de las parcelas permanentes a través de diferentes mediciones en el tiempo. Entre la información que se maneja están los datos generales de la parcela tales como: área, ubicación, estrato en el mapa, estrato en terreno, operatividad, acceso, etc., además, se maneja la información de cada uno de los árboles tales como número, altura total, DAP, altura comercial, etc.; además de desarrollo de cálculos, que pueden desarrollarse de forma 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 16):

Tabla 11. Factores de ajuste

Objeto	Medido en la UM	Factor de expansión aplicado (fe)
Arboles con DAP > 50 cm	4 parcelas de 20 x 250 m = 2 ha	0.5
Arboles con DAP 20 - 50 cm	4 parcelas de 20 x 150 m = 1.2 ha	0.833333
Arboles con DAP 10 - 20 cm	4 parcelas de 20 x 50 m = 0.4 ha	2.5

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

Arboles con DAP < 10 cm	4 parcelas de 50 m ² = 0.02 ha	50
Tocones	4 parcelas de 20 x 50 m = 0.4 ha	2.5
Hojarasca	12 parcelas de 1 x 1 m = 0.0012 ha	833.333

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 Unidos⁴⁰.

Herramienta 2. Pivot tables.

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 en que estratos 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 usaron en el muestreo (capas de estratos y la de regiones climáticas) para poder 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 2 estratos guarden relación al momento de montar las parcelas. Esto dio un resultado de 12 combinaciones que llamaremos estratos-climas (Figura 15).

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

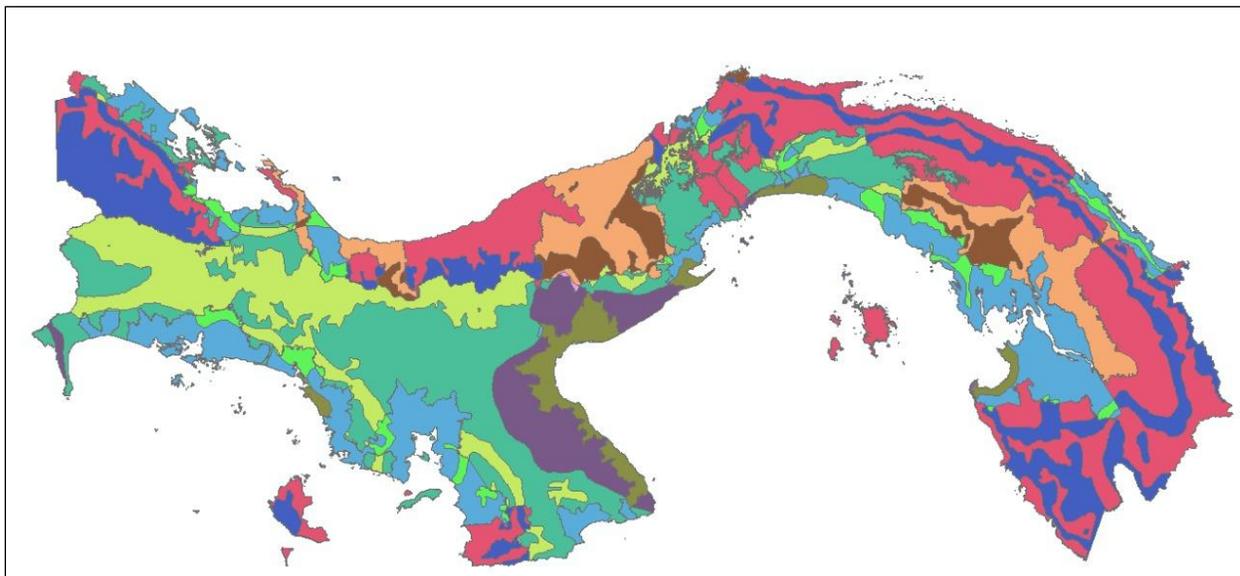


Figura 15. Resultado del cruce de el shapefile de estratos y regiones climáticas

Es importante mencionar que esto se realizó con el objetivo de tener áreas más precisas y que sea consistente con el muestreo ya que como se menciona arriba de este documento.

- 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) Figura 16.

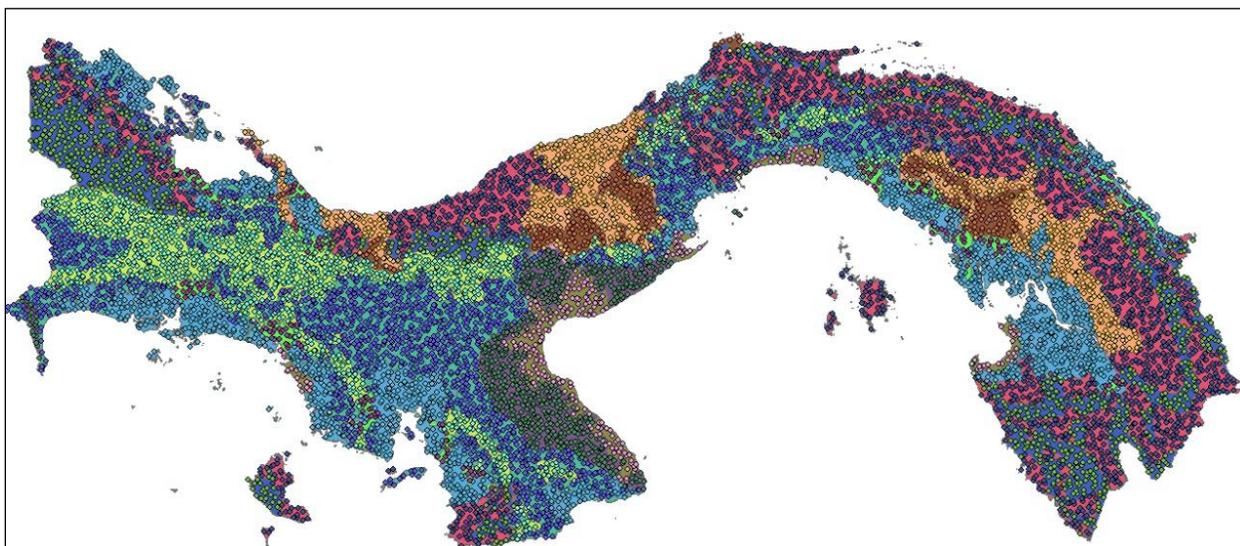


Figura 16. Resultado de las 9800 parcelas con la información de estratos-climas.

- 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):

$$A = \sqrt{p_i * (1 - p_i) / (n - 1)}$$

Donde;

p_i : 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 A_i el intervalo de confianza 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 12. 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

9 RESULTADOS

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

En la Tabla 13 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 13. 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

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+.

Tabla 14. Datos de actividad para Conservación de las reservas forestales de carbono y gestión sostenible de los bosques.

		TIERRAS FORESTALES QUE PERMANECIERON COMO TAL											
PERÍODO	REGIÓN CLIMÁTICA	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%
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%

Tabla 15. Datos de actividad reducción de emisiones derivadas de la degradación e incremento de las reservas forestales de carbono. Los valores ya están en hectáreas.

PERÍODO	REGIÓN CLIMÁTICA	CAMBIOS ENTRE CATEGORIAS DE TIERRAS FORESTALES													
		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

Tabla 16. Datos de actividad incremento de las reservas forestales de carbono. Los valores ya están en hectáreas.

PERÍODO	REGIÓN CLIMÁTICA	OTRAS CATEGORÍAS QUE CAMBIARON A TIERRAS FORESTALES																			
		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	4,1 73	75 %	0	0	0	0	29, 575	26 %	32 1	196 %	0	0	0	0	0	0	0	0	96	19 6 %
2009-2010	RTM	1,9 34	97 %	0	0	12 3	19 6 %	16, 710	35 %	0	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009-2010	RTH	0	0 %	0	0	0	0	3,2 30	65 %	0	0%	0	0	0	0	19 2	19 6 %	0	0	0	0
2010-2011	RTMH	1,6 05	13 9 %	0	0 %	19 3	19 6 %	30, 133	27 %	67 9	196 %	0	0%	0	0	0	0	0	0	0	0
2010-2011	RTM	1,1 83	12 3 %	76 7	19 6 %	0	0	7,8 06	46 %	0	0%	0	0%	0	0	0	0	0	0	0	0
2010-2011	RTH	0	0 %	0	0 %	0	0	1,5 78	11 9 %	0	0%	8 0 0	###	0	0	54 4	13 9 %	0	0	0	0
2011-2012	RTMH	5,0 16	73 %	0	0	28 9	19 6 %	15, 673	36 %	85 2	196 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011-2012	RTM	3,0 84	93 %	0	0	0	0	5,8 49	47 %	0	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011-2012	RTH	0	0 %	0	0	0	0	2,8 54	81 %	0	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2012-2013	RTMH	3,6 06	79 %	0	0	0	0	32, 992	26 %	1, 23 8	146 %	2 7 2	## #	2 7	19 6 %	0	0	0	0	0	0
2012-2013	RTM	2,8 49	93 %	0	0	46 0	19 6 %	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	10 4 %	0	0%	0	0 %	0	0 %	0	0	0	0	0	0
2013-2014	RTMH	4,1 82	75 %	10 9	19 6 %	80 3	19 6 %	19, 041	32 %	1, 79 6	121 %	0	0	0	0	12 8	19 6 %	0	0	96	11 3 %
2013-2014	RTM	2,1 51	10 7 %	0	0 %	0	0	9,9 40	42 %	0	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013-2014	RTH	26 8	19 6 %	0	0 %	0	0	2,2 47	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

OTRAS CATEGORÍAS QUE CAMBIARON A TIERRAS FORESTALES (CONTINUACIÓN)			
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%

Tabla 17. Datos de actividad reducción de emisiones forestales derivadas de la deforestación. Los valores ya están en hectáreas.

PERIODO	REGIÓN CLIMÁTICA	TIERRAS FORESTALES QUE CAMBIARON A CULTIVOS													
		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

Tabla 18. Datos de actividad reducción de emisiones forestales derivadas de la deforestación (continuación)

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%

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

		TIERRAS FORESTALES QUE CAMBIARON A HUMEDALES
--	--	--

PERIODO	REGIÓN CLIMÁTICA	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

Tabla 20. Datos de actividad reducción de emisiones forestales derivadas de la deforestación (continuación)

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

9.3 Control de calidad

A los datos de actividad como a los 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 NREF. Al momento de calcular las emisiones y absorciones del NREF se realizaron en 2 procesos paralelos. Uno de ellos se realizó en un archivo de Excel que utiliza 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 NREF, también se calcularon las emisiones y absorciones. Al final se compararon todos los resultados y coincidieron exactamente igual hasta el cuarto dígito decimal. Al final también debería coincidir la superficie total del país es decir 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 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 2 técnicos de la cuadrilla que no estuvieran involucrados en la medición realizarán la remediación una vez culminada la parcela.

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 acuerdos 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 acuerdo (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 acuerdo indicado por los valores de la diagonal principal y el acuerdo aleatorio 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.

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

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

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

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

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

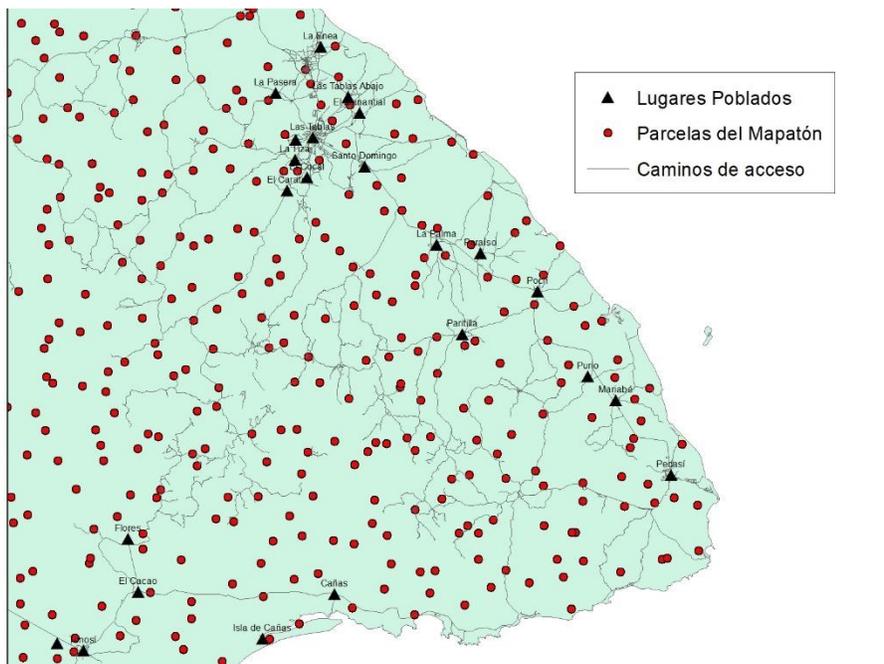


Figura 17. Parcelas del Mapatón en fase de control de calidad

Para poder 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 siendo esto un 6.6% de las 9800 parcelas del Mapatón.

- Una vez seleccionado las parcelas con la herramienta buffer de ArcGIS, se obtienen las parcelas por provincias que se van a verificar. Es importante resaltar que algunas parcelas de la provincia no pudieron ser visitadas ya que el camino que conducía a la parcela estaba inaccesible.

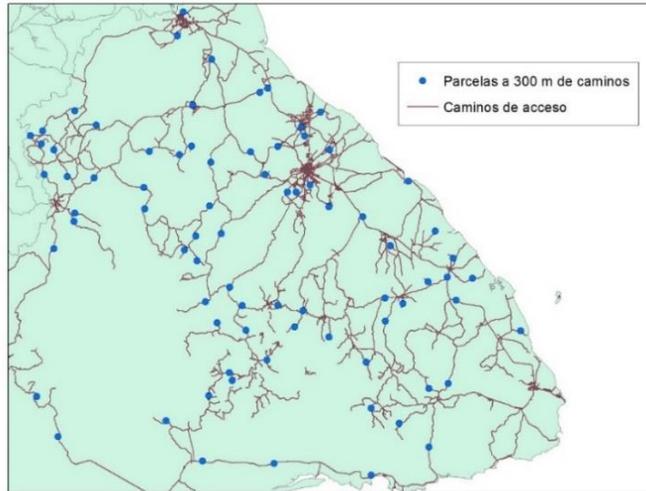


Figura 18. Parcelas del Mapatón con Buffer de 300 metros

4. Estas visitas de campo consisten en recolectar qué uso y cobertura de la tierra tienen para luego almacenar dicha información en una aplicación llamada Map Marker (Figura 20). Todas las visitas a las parcelas quedaron evidencias con fotografías de las coberturas (Figura 19). Si las parcelas en campo tenían más de 1 uso de la tierra (por ejemplo, pasto y bosque secundario) se colocaba en la aplicación dicha información. Luego en gabinete, se verifica que la parcela del Mapatón 2021 tuviera esta información.

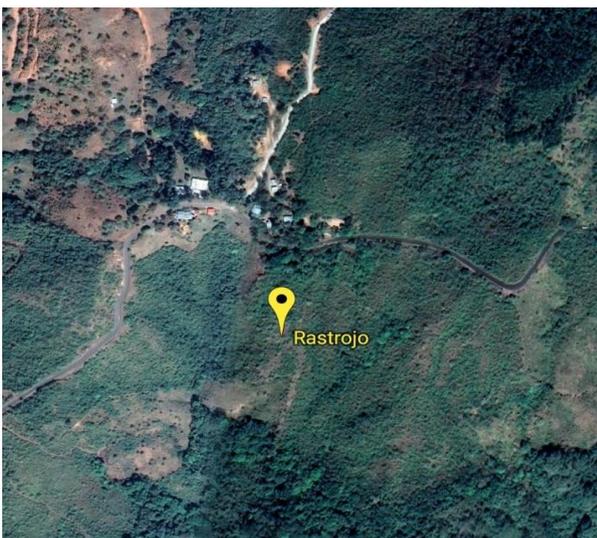


Figura 20. Punto tomando con la aplicación Map marker



Figura 19. Evidencia de campo que la cobertura es de Rastrojo.

5. Luego de culminada la gira, se compilaron todos los puntos son 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 asigna 0.

Tabla 21. Ejemplo de comparación de parcelas del Mapatón y de campo

Mapatón 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

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

Tabla 22. Matriz de confusión

		Información de Campo												Total	Exactitud	Error
UTCUTS		Asentamiento	Bosque Maduro	Bosque Secundario	Cultivo Anual	Cultivo Permanente	Humedal	Manglar	Otras Tierras	Pasto	Plantación de Coníferas	Plantación Latifoliadas	Rastrojo	general	Usuario	Comisión
M a p a t ó n	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
	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	240	0.90	0.10
	Plantación de Coníferas										6			6	1.00	0.00
	Plantación Latifoliadas			1								13	1	15	0.87	0.13
	Rastrojo			22	5					5			1	19	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 Accuracy		0.85														
Kappa		0.81														

La exactitud global (Overall Accuracy) se calcula como 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 chance 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)

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

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.

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

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

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

Donde:

ΔC = cambio en las existencias de carbono, en toneladas

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

AFOLU = Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

FL = Tierras forestales (TF)

CL = Tierras de cultivo (C)

GL = Pastizales (P)

WL = Humedales (H)

SL = Asentamientos (A)

OL = Otras tierras (OT)

Tabla 23. 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

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

Los subíndices se refieren a los siguientes depósitos de carbono:

ΔC_{AB} = biomasa aérea

ΔC_{BB} = biomasa subterránea

ΔC_{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 24. 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		

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 pertinentes 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:

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

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

Donde:

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

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

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

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

ECUACIÓN 2.7

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

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

Donde:

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

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

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

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

ECUACIÓN 2.9

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

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

Donde:

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

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

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

i = zona ecológica i ($i = 1$ a n)

j = dominio climático j (j = 1 a m)

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

Tabla 25. 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

Tabla 26. Fracción de carbono de materia seca

REGIÓN CLIMÁTICA*	RTMH		RTM		RTH		REFERENCIAS
	Valor	Error	Valor	Error	Valor	Error	
CATEGORÍA							
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%	
Plantaciones, Latifoliadas	0.49	5%	0.49	5%	0.49	5%	
Plantaciones, Coníferas	0.49	5%	0.49	5%	0.49	5%	
Rastrojos	0.46	5%	0.46	5%	0.46	5%	

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

7. Crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea, G_{TOTAL}

ECUACIÓN 2.10
INCREMENTOS ANUALES PROMEDIO DE LA BIOMASA

Nivel 1

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

Niveles 2 y 3

$G_{TOTAL} = \sum \{I_V \cdot BCEF_I \cdot (1 + R)\}$ Se utilizan los datos del incremento anual neto para estimar el G_w aplicando el factor de conversión y expansión de la biomasa

Donde:

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

G_w = promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa, t.d.m. ha⁻¹año⁻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%	

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

Notas aclaratorias:

- Tras discusiones con expertos forestales de Panamá y teniendo como referencia algunos artículos científicos, como el de Chave et al., 2003⁴¹ se tomó el criterio de experto de asignarle cero (0 t.d.m./ha/yr) a los Bosques Maduros de Panamá. Además, se busca guardar consistencia con los INGEI anteriores que asignaron el mismo valor de crecimiento a los bosques maduros. Además, el país no cuenta con 2 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 (2^{do}IBA) 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 como 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 de 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.

8. Reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa, ΔC_L

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

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

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

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

9. Pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, $L_{\text{remoción-bosques}}$

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

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

Donde:

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

H = remociones anuales de bosques, rollizos, m³ año⁻¹

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

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

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

Tabla30. 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
	Plantaciones (Coníferas)	DIFOR	Se tomaron datos utilizados en el 2IBA

Notas aclaratorias:

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

10. Pérdida anual de carbono debida a la remoción de madera combustible, $L_{\text{madera-combustible}}$

ECUACIÓN 2.13

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

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

Donde:

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

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

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

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

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

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

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

Tabla31. Volumen anual de remoción de madera combustible de partes de arboles

$FG_{\text{árboles}}$ = 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 Kbp: secretaria nacional de Energía - Panamá

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.

11. Perdida de biomasa y de carbono por perturbaciones, $L_{\text{perturbación}}$

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

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

Donde:

L_{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
--	--	--	--

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 superficie⁴². 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 Gramíneas⁴³.

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

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%	

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.

Rastrojos	28.7	45.8%	28.7	45.8%	28.7	45.8%	MIAMBIENTE 2020. Inventario Nacional Forestal y de Carbono.
-----------	------	-------	------	-------	------	-------	---

Notas aclaratorias:

- Cuando alguna parcela reportaba cambio de Otras tierras (Pastos, o cultivos) hacia Plantaciones forestales (latifoliadas o coníferas) se utiliza 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 (Coníferas) TM BDC	26.17	20%
Bosques Plantados (Coníferas) TH BDC	17.33	20%

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%	

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 36. 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

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 27. 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
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
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
-------------------------------	----------------------	--------------------

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 perdidas, ΔCL

La reducción anual de existencias de carbono en la biomasa debida a perdidas en tierras convertidas (remociones de bosques o talas, recogida de madera combustible y perturbaciones) se estimó 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.

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

Donde:

ΔCB= 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

ΔCG= 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

ΔC_{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

ΔCL= 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

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

Donde:

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

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

B_{ANTES_i} = existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión, t.d.m. ha⁻¹

$\Delta A_{A_OTRAS_i}$ = 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 decide utilizar 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 CO₂ 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 CO₂ 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

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

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

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

Donde:

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

ph = peso húmedo (gramos)

ch = contenido de humedad (%)

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

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:

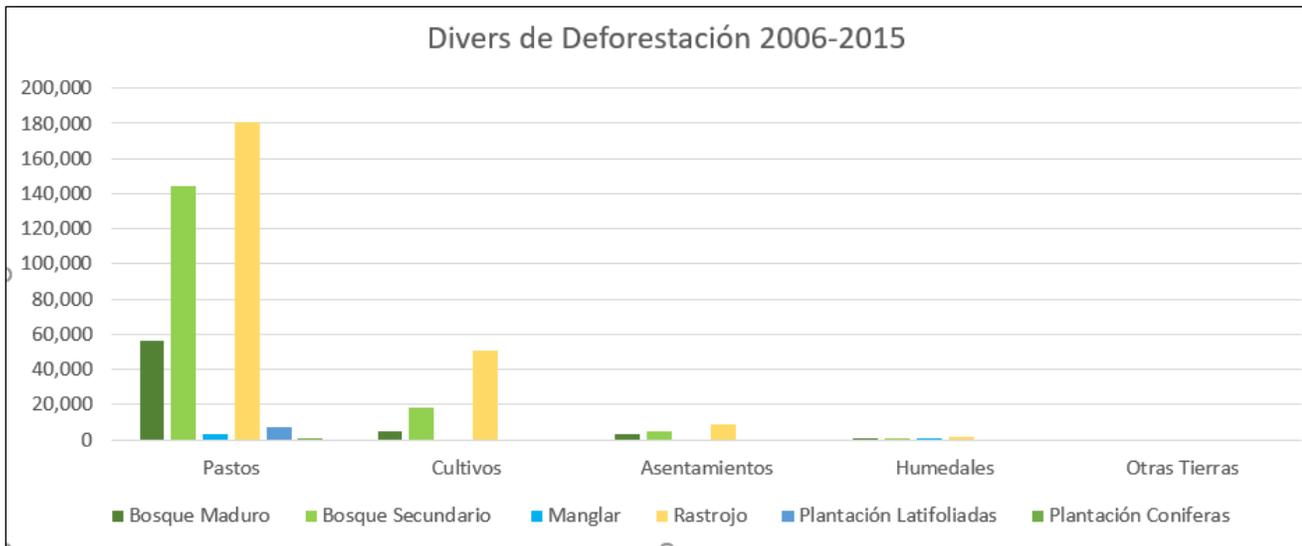


Figura 21. Datos provenientes de las matrices de UT-CUTS 2006-2015

Como podemos observar en la gráfica (Figura 21) 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 los 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 transformación de tierras forestales a asentamiento Figura 22.

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

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

Figura 22. Crecimiento medio de viviendas por año

Como se aprecia en la tabla anterior los distritos de Arraiján y La Chorrera (Panamá Oeste) ha reportado un crecimiento considerable y coincidentemente estos 2 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+:

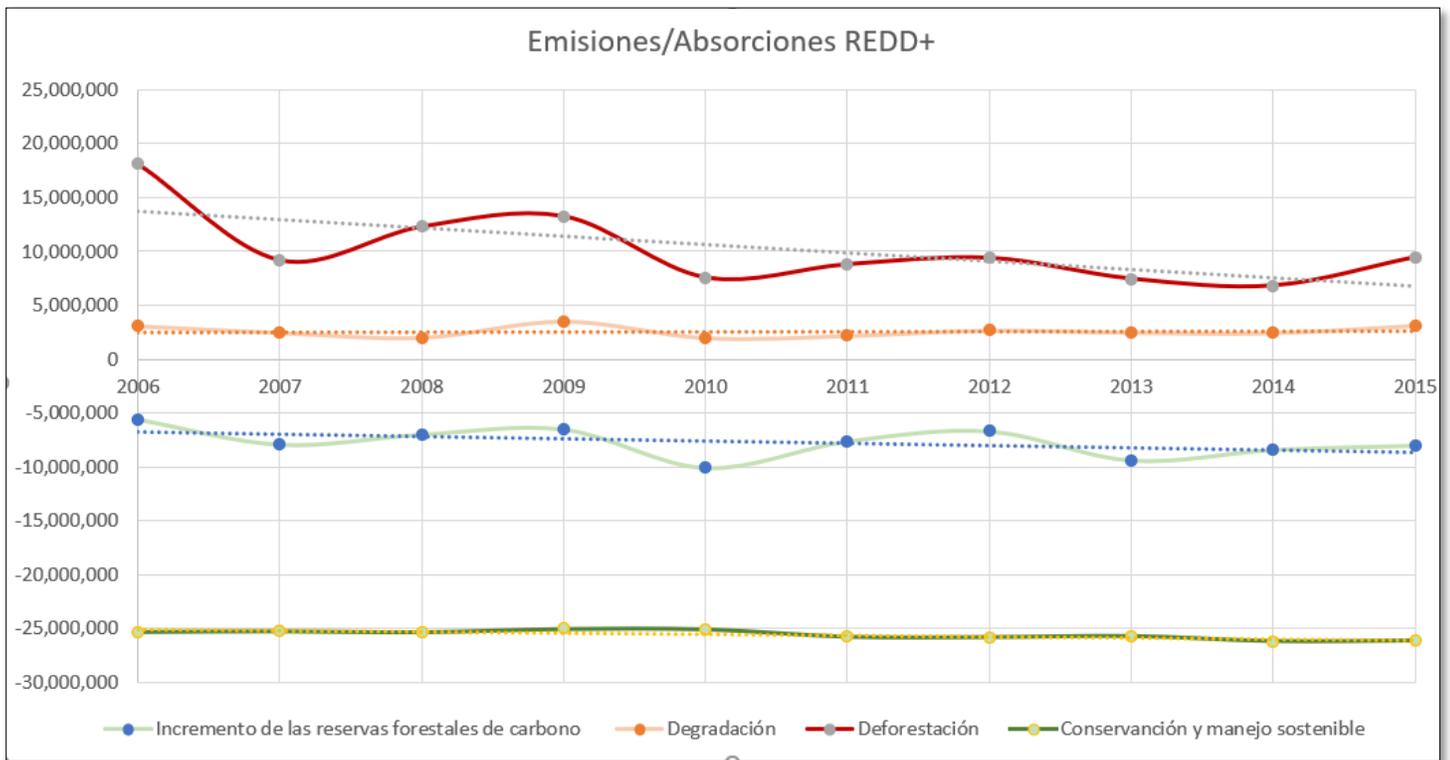


Figura 23. Emisiones y absorciones por actividad REDD+

Como podemos apreciar en la Figura 23 la actividad de deforestación tiene la mayor cantidad de emisiones de CO2 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, tenemos 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 tenemos 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 28. 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
Conservación 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 absorciones 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

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 este trabajando en el sector forestal.

11.3 Nivel de Referencia forestal

El nivel de referencia de Panamá se elaboró bajo el enfoque de la media histórica en base a los datos disponibles que va del 2005 al 2015 (10 años). Como se explicó anteriormente, las absorciones y emisiones de CO₂ 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 Nivel de referencia pretende ser una referencia para reportar potenciales resultados que se tengan del 2016 al 2021 (6 años). Esto serán reportado en el próximo anexo técnico que Panamá 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 NREF/NRF, especialmente si los patrones de emisión están cambiando rápidamente en un país determinado.

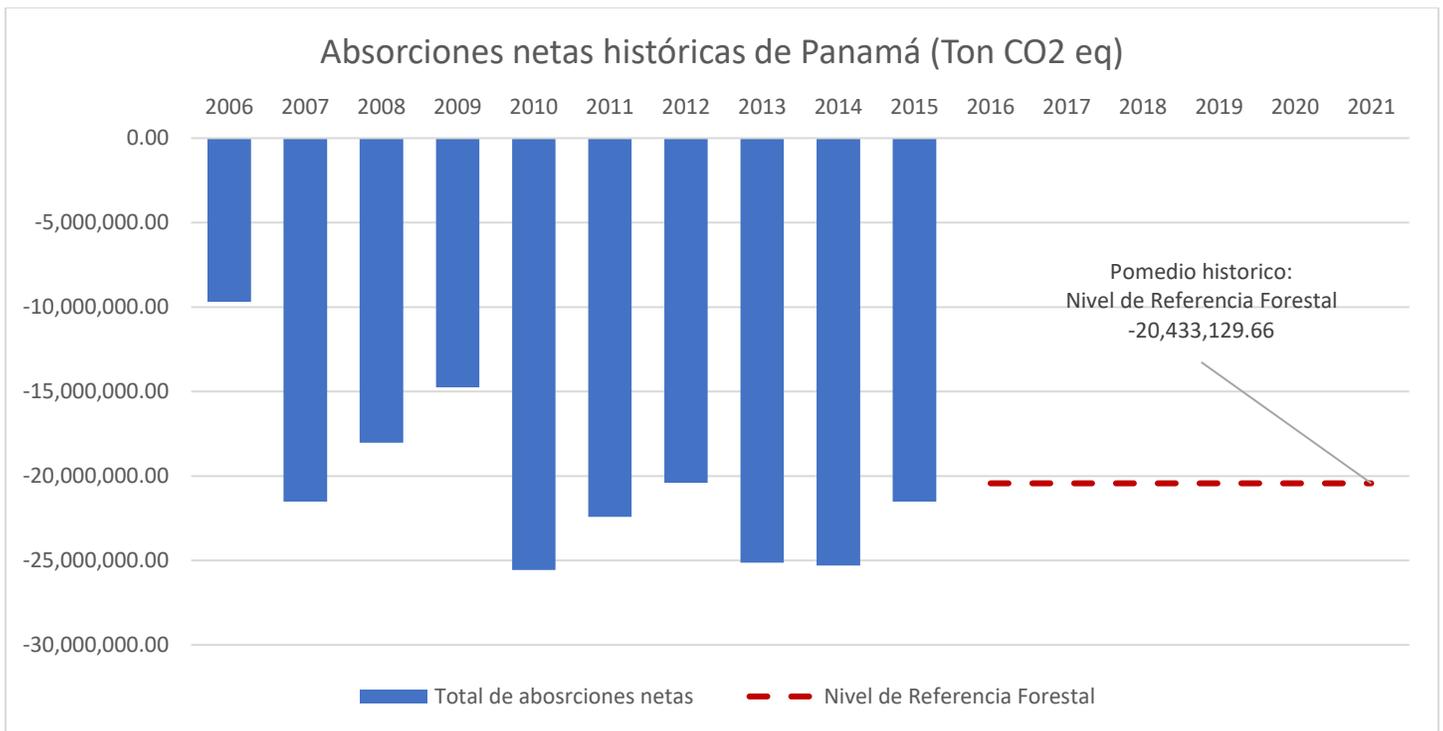


Figura 24. Nivel de Referencia Forestal en Ton de CO2 equivalente

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

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

Donde:

U_{TOTAL} = *el porcentaje de incertidumbre del producto de las cantidades*

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

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

Donde:

U_{TOTAL} = *el porcentaje de incertidumbre de la suma de las cantidades expresado como porcentaje.*

x_i y U_i = *las cantidades inciertas y el porcentaje de incertidumbre asociado*

El nivel de referencia FREL 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 29. Incertidumbres por actividad REDD+

AÑO	CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE		INCREMENTO DE LAS RESERVAS DE CARBONO		DEFORESTACIÓN		DEGRADACIÓN	
	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%

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

Tabla 30. incertidumbres del Nivel de Referencia Forestal de Panamá⁴⁵

AÑO	NIVEL DE REFERENCIA FORESTAL	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%
2015	-21,510,746	11.8%
NRF	-20,433,129.66	12%

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 aparatado 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.

14 REFERENCIAS

ANAM (2009). Autoridad Nacional del Ambiente. Atlas de las tierras secas y degradadas de Panamá. Disponible en:

https://edo.jrc.ec.europa.eu/gisdata/scado/land_degradation/pa/ATLAS_DESERTIFICACION.pdf

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

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

Arosemena M. (2020). Universidad de Panamá. Las áreas protegidas de Panamá. Disponible en:

<https://storymaps.arcgis.com/stories/41f1a8b016764354baa49a89ce06b5a8>

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

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

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

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

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

GWP-CA (2011). Situación de los recursos hídricos en Centroamérica: Hacia una gestión integrada. Honduras. Disponible en:

https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpcam_files/situaciondelosrecursosohidricos.pdf

INEC (2019). Panamá en cifras 2014-18. Contraloría General de la República. Panamá. Disponible en:

https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=990&ID_CATEGORIA=17&ID_SUBCATEGORIA=45

IPCC. (2006). Volumen 1, 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/treearch/pubs/13672>

Lister A., (2020). Plots, pixels, and patches: The methods and implications of measuring landcover class area with plot-based sampling. Research Forester, Northern FIA Unit. Presentación power point. Disponible en: [https://www.dropbox.com/scl/fi/sxrhjsj7r7ijlp12u9b8ml/Lister IALE2021_pointInterpb.pptx?dl=0&rlkey=hpbwlk9ohl42ylwys0eicsqió](https://www.dropbox.com/scl/fi/sxrhjsj7r7ijlp12u9b8ml/Lister%20IALE2021_pointInterpb.pptx?dl=0&rlkey=hpbwlk9ohl42ylwys0eicsqió)

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: [//www.miambiente.gob.pa/biblioteca-virtual/#](http://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=xmvm8kig10oenyx1zke8jor4>

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

MiAMBIENTE. (2021b). Dirección de Cambio Climático/Dirección de Información Ambiental, Ministerio de Ambiente. Protocolo de interpretación de imágenes satelitales para la realización del Mapatón 2021 con CEO. Disponible en: <https://www.dropbox.com/s/mfy3qmmn9lu5zow/Protocolo%20para%20la%20interpretaci%C3%B3n%20de%20unidades%20de%20muestreo%20con%20im%C3%A1genes%20de%20sat%C3%A9lites%20utilizand o%20la%20plataforma%20Collect%20Earth%20Online.pdf?dl=0>

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

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

MIAMBIENTE (2021e). Departamento de Mitigación. Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente. Matrices de cambio de usos de la tierra para los años 1990-2020 y propuesta de protocolo para el cálculo del error de interpretación y de clasificación de usos de la tierra obtenidos para el Mapatón 2021". Disponible en:
https://www.dropbox.com/scl/fi/uwv58bv43nnbvoogeiccp/Producto1.3865_PAN2021V1.docx?dl=0&rlkey=sr0q1do90u5i237b55hznk9ly

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

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

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

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

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

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

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

GFOI, 2014

carpeta 6. Referencias Bibliográficas, Ayuda SIBP2

Veregin 1989, Nishii and Tanaka 1999

Comber et al. (2012),

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

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

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

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

15 ANEXO

Anexo 1. Ley 10 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Anexo 2. Ley 88 Protocolo de Kyoto 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

Anexo 7. Herramienta para simulación, y análisis de tamaños de muestra

Anexo_8 Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá (INFC) Lineamientos de Control de Calidad

Anexo 9. Metodología para la detección y cuantificación de incendios de Masas Vegetales por el Ministerio de Ambiente

Anexo 10. Aprovechamiento, Leña e Incendios

Anexo 11. Metodología para la estimación de datos de actividad para la degradación forestal en el contexto del nivel de referencia REDD+ de Panamá

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

Anexo 13 Calculo de Incertidumbres NRF