



Anexo Técnico de conformidad con la decisión 14/CP.19



Resultados
alcanzados sobre la
Reducción de
Emisiones para
pagos basados en
resultados de
REDD+

República de Cuba
Periodo 2019-2023

Dirección Servicio Estatal Forestal
La Habana, 12 de abril de 2026

Equipo de redacción

1. Ing. Antonio Guzmán Torres, Subdirector del Servicio Estatal Forestal.
2. DrC. Juan Alberto Herrero Echevarría, Experto en Políticas del Servicio Estatal Forestal.

Equipo de interpretación de imágenes

1. Ing. Antonio Guzmán Torres, Subdirector del Servicio Estatal Forestal.
2. Ing. Manuel Faradas Campos, Director Adjunto Instituto de Investigaciones de Suelos.
3. Ing. Osvaldo Lupupo Calderín, Especialista Ordenación Forestal Empresa Agro Forestal Villa Clara.
4. MsC. Omar Molina Fonseca, Especialista ENPA, Cienfuegos.
5. MsC. Iván Pino Estupiñán, Especialista Ordenación Forestal Empresa Agro Forestal Cienfuegos.
6. Roberto Morales Pérez, Investigador Instituto de Investigaciones de Suelos y Fertilizantes.

Equipo de revisión:

1. DrC. Arnaldo Alvarez Brito, Investigador Titular del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.
2. DrC. Alicia Mercadet Portillo, Investigadora Titular del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.
3. MsC. Jesica Fernández, Dirección de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
4. DrC. Rosmery López Lee, Instituto de Meteorología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. (Punto Focal INGEI).
5. MsC. Yamilé Lamothe Crespo, Dirección de Ciencia, Tecnología y Extensión Agraria, Ministerio de la Agricultura.
6. MsC. Georgina Díaz Quintero, Dirección Servicio Estatal Forestal, Ministerio de la Agricultura.

Agradecimientos:

El equipo de REDD+ de Cuba reconoce el apoyo recibido por todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo. A todos sin distinción, muchas gracias. Aunque, se impone resaltar que sin el apoyo y los consejos oportunos de los expertos de FAO no hubiera sido posible lograr los avances hasta aquí logrados

La Habana, 12 de abril de 2026

Contenido

1. INTRODUCCION	1
2. SISTEMA NACIONAL DE MONITOREO FORESTAL	3
2.1 Introducción y antecedentes	3
2.2 Marco conceptual y alineamiento REDD+	5
2.3 Arreglos institucionales y roles en el SNMF (2019–2023)	5
2.4 Componentes técnicos MRV del SNMF	6
2.5 Resultados clave del SNMF en el período 2019–2023	6
3. DEFINICIONES APLICADAS	7
3.1 Definición de bosque	7
3.2 Actividades de REDD+	8
4. NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES	10
5. EVALUACION TECNICA DEL NREF	12
6. DATOS DE ACTIVIDAD PARA EL PERIODO DE RESULTADOS	14
7. FACTORES DE EMISIÓN	18
8. CALCULO DE EMISIONES DEL PERIODO DE RESULTADOS	19
9. RESULTADOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES	22
10. ESTIMACION DE LA INCERTIDUMBRE EN EL PERIODO DE RESULTADOS	24
10.1 Cálculo de la incertidumbre en los datos de actividad derivados del proyecto de interpretación visual en Collect Earth Online – Cuba	25
10.2 Mejora futura del SNMF sobre la estimación de incertidumbre	27
11. INFORMACION PARA LA RECONSTRUCCION DE RESULTADOS	27
12. PLAN DE MEJORAS A FUTURO	27
BIBLIOGRAFÍA	29

Glosario de Términos Clave para la Interpretación del Anexo Técnico REDD+

Objetivo: Proveer definiciones claras y estandarizadas de los conceptos técnicos utilizados en el monitoreo de emisiones forestales, facilitando la comprensión por parte de tomadores de decisiones y equipos técnicos no especializados en todos los aspectos del MRV.

Término (Español / Inglés)	Definición Técnica (según IPCC/CMNUCC)	Referencia / Fuente	Implicancia para REDD+ en Cuba
Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF / FREL)	Punto de referencia (expresado en toneladas de CO ₂ equivalente por año) contra el cual se mide la reducción de emisiones o el aumento de absorciones por las actividades REDD+ en un país	Decisión 12/CP.17, párrafo 7(b).	El NREF de Cuba (2014-2018: - 20.414.991 tCO ₂ e/año) es la "línea base". Si las emisiones netas del periodo 2019-2023 son menores (más negativas), el país ha logrado un resultado positivo.
Datos de Actividad (AD / Activity Data)	Medida de la magnitud de una actividad humana que resulta en emisiones o absorciones durante un periodo de tiempo. Para el sector forestal, es típicamente la superficie de tierra afectada por deforestación, degradación o reforestación (en hectáreas).	IPCC 2006 GL, Vol. 4, Cap. 3	En el informe, el AD principal es la superficie de bosque con cobertura de árboles (ej. 3.438.413 ha en 2023) y la superficie quemada o volumen cosechado. Su precisión es crítica.
Factor de Emisión (FE / EF)	Coeficiente que cuantifica las emisiones o absorciones de gases de efecto invernadero por unidad de dato de actividad. Se expresa en tCO ₂ e por hectárea (tCO ₂ e/ha) o por metro cúbico (tCO ₂ e/m ³).	IPCC 2006 GL, Vol. 4, Cap. 2	Cuba utiliza FE derivados de inventarios nacionales (Nivel 2) para absorción (ej. 6,1 tCO ₂ e/ha/año para bosque latifoliado) y valores por defecto del IPCC (Nivel 1) para incendios (66,68 tCO ₂ e/ha).
Biomasa Aérea y Subterránea (AGB & BGB / Above-Ground & Below-Ground Biomass) AGB	Todo el material vegetal vivo sobre el suelo (tallos, corteza, ramas, hojas). BGB: Todo el material vegetal vivo de raíces vivas. Ambos son reservorios clave de carbono.	IPCC 2006 GL, Vol. 4, Cap. 1	. El informe incluye ambos reservorios, usando una relación estándar (raíz:tallo) de bosque húmedo tropical. Mejorar este factor es una mejora futura identificada.

Término (Español / Inglés)	Definición Técnica (según IPCC/CMNUCC)	Referencia / Fuente	Implicancia para REDD+ en Cuba
Collect Earth Online (CEO)	Herramienta gratuita de código abierto desarrollada por la FAO y Google para la interpretación visual de imágenes satelitales (Landsat, Sentinel, Planet, etc.) mediante muestreo por puntos o parcelas.	FAO, 2016. Collect Earth Online	Es la herramienta central para generar los Datos de Actividad (superficie forestal) de Cuba, usando una grilla de 10.526 parcelas. Su correcto uso es vital.
Incertidumbre (Uncertainty)	Parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos a la variable medida. Se expresa como un intervalo de confianza (ej. $\pm 166.622,5$ tCO ₂ e).	IPCC 2006 GL, Vol. 1, Cap. 3.	Refleja el nivel de conocimiento. El NREF de Cuba tiene una incertidumbre baja ($\pm 0,8\%$), lo que indica alta confianza. Reducirla aún más es una mejora.
QA/QC (Aseguramiento y Control de Calidad) QA (Aseguramiento)	Sistema planificado de actividades de revisión para garantizar que el sistema de monitoreo cumpla los requisitos. QC (Control): Sistema de actividades técnicas rutinarias para medir y controlar la calidad de los datos.	IPCC 2006 GL, Vol. 1, Cap. 6	El informe describe un proceso robusto: protocolo escrito, revisión cruzada y verificación en campo (error del 2,7%). Esto es una fortaleza del sistema cubano.
tCO ₂ e (Tonelada de dióxido de carbono equivalente)	Unidad de medida que permite expresar el potencial de calentamiento global (GWP) de diferentes gases de efecto invernadero (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, etc.) en una unidad común equivalente al CO ₂ .	IPCC, Informes de Evaluación	Se usa para agregar emisiones de CO ₂ , CH ₄ (28-34 veces más potente) y N ₂ O (265-298 veces más potente) en un solo número.

Otras definiciones:

REDD+: Mecanismo internacional para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación forestal, que incluye conservación, manejo sostenible y aumento de reservas de carbono. (CMNUCC, Decisión 14/CP.19).

SNMF: Sistema Nacional de Monitoreo Forestal: conjunto de procedimientos, herramientas y actores para recopilar, validar y reportar información sobre los recursos forestales. (SEF – Cuba; FAO)

NREF/FREL: Nivel de Referencia de Emisiones Forestales: línea base de emisiones y absorciones contra la cual se comparan los resultados REDD+. (CMNUCC; IPCC Guidelines)

Datos de Actividad (DA): Información sobre cambios en la superficie forestal (deforestación, reforestación, regeneración) obtenida mediante teledetección y muestreo. (CEO; SEF)

Factores de Emisión (FE): Valores que expresan la cantidad de GEI emitidos o absorbidos por unidad de actividad. (INAF; IPCC)

Bosque estable con árboles: Superficie con cobertura arbórea $\geq 30\%$ que se mantiene en esa condición, actuando como sumidero permanente. (Ley Forestal 85/1998; NREF Cuba)

Bosque estable sin árboles a con árboles: Superficie que recupera cobertura arbórea durante el periodo, aportando al incremento de sumideros de carbono. (SEF – Cuba)

Manejo forestal sostenible: Prácticas que garantizan persistencia de bienes y servicios del bosque, equilibrando producción, conservación y beneficios sociales. (FAO/WRI)

Degradación forestal: Pérdida parcial de la capacidad del bosque para proveer bienes y servicios, sin llegar a deforestación total. (CMNUCC; FAO)

Siglas y Acrónimos Generales (Contexto CMNUCC / REDD+)

Sigla Significado (Español) /Significado (Inglés)

AD: Datos de Actividad / Activity Data

CEO: Collect Earth Online/ Collect Earth Online

CH₄: Metano / Methane

CITMA: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

CNAP: Centro Nacional de Areas Protegidas

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático / UNFCCC

CO: Monóxido de Carbono / Carbon Monoxide

CO₂: Dióxido de Carbono / Carbon Dioxide

CO₂e: Dióxido de Carbono Equivalente / CO₂ Equivalent

COP: Conferencia de las Partes / Conference of the Parties

CGB: Cuerpo de Guardabosques de Cuba

ET/TA: Evaluación Técnica / technical assessment

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura / Food and Agriculture Organization

FE (o EF): Factor(es) de Emisión / Emisión Factor(s)

NREF/FREL: Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (inglés) /Forest Reference Emission Level

GAF: Grupo Empresarial Agroforestal

GEE: Google Earth Engine / Google Earth Engine

GEFF: Grupo Empresarial Flora y Fauna

GEI: Gases de Efecto Invernadero / Greenhouse Gases

GPS: Sistema de Posicionamiento Global / Global Positioning System

ha: Hectárea / Hectare

IBA/BUR: Informe Bienal de Actualización / Biennial Update Report

IBT/BTR: Informe Bienal de Transparencia / Biennial Transparency Report

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático /IPCC

INAF: Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

MRV: Medición, Reporte y Verificación / Measurement, Reporting and Verification

MF/FM: Monitoreo Forestal/Forest Monitoring

N₂O: Óxido Nitroso/ Nitrous Oxide

CND/NDC: Contribución Nacionalmente Determinada /Nationally Determined Contribution

NO_x: Óxidos de Nitrógeno /Nitrogen Oxides

MINAG: Ministerio de la Agricultura

MININT: Ministerio del Interior

NREF: Nivel de Referencia de Emisiones Forestales /Forest Reference Emission Level

QA/QC: Aseguramiento y Control de la Calidad /Quality Assurance / Quality Control

REDD+: Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques, más conservación, manejo sostenible y aumento de existencias de carbono REDD+

SIG/GIS: Sistema de Información Geográfica /Geographic Information System

SNMF/NFMS: Sistema Nacional de Monitoreo Forestal/National Forest Monitoring System

ET/TA: Equipo Técnico Evaluador de la CMNUCC/Technical Assessment Team

t_{bm}: Toneladas de Biomasa (aérea + subterránea) /Tons of Biomass

tCO_{2e}: Tonelada de Dióxido de Carbono Equivalente/ Ton of CO₂ Equivalent

Siglas Técnicas y Metodológicas (Específicas del Anexo Técnico)

Sigla: Significado /Contexto de uso en el informe

AGB: Biomasa Aérea /Reservorio de carbono incluido en el cálculo

BGB: Biomasa Subterránea /Reservorio de carbono incluido en el cálculo

BCEFR: Factor de conversión y expansión de biomasa para remociones/ Usado para estimar pérdidas por extracción de madera

CP: Coeficiente de Participación (o Proporcionalidad) /Fórmula para estimar superficie por categoría de cambio

CV: Coeficiente de Variación/ Usado para determinar el tamaño de muestra (parcelas CEO)

IFN: Inventario Forestal Nacional Principal mejora futura propuesta por Cuba

INGEI: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero/ Fuente de coherencia metodológica para NREF y resultados

SNMF: Sistema Nacional de Monitoreo Forestal Estructura institucional y técnica que sustenta el reporte

Gases de Efecto Invernadero y Precursores (Incluidos en el Reporte)

Sigla	Gas	Tipo	Incluido en cálculo de resultados
CO ₂	Dióxido de Carbono	GEI directo	Sí (principal)
CH ₄	Metano	GEI directo	Sí (incendios forestales)
N ₂ O	Óxido nitro	GEI directo	Sí (incendios forestales)
CO	Monóxido de Carbono	Precursor de GEI	Sí (incendios forestales)
NO _x	Óxidos de Nitrógeno	Precursor de GEI	Sí (incendios forestales)

Nota: Los precursores de GEI (CO y NO_x) se incluyeron en el cálculo de las emisiones por incendios forestales, pero no se determinaron sus equivalencias en CO₂, de modo que no están incluidos en el valor del CO₂e.

1. INTRODUCCION

En Cuba, la lucha contra el cambio climático y la gestión sostenible de los recursos naturales se estructuran a través de un conjunto coherente de políticas públicas de alto nivel que orientan el desarrollo nacional. Entre ellas destacan la Tarea Vida, los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, y el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030 (PNDES 2030). Estas políticas no solo guían la acción climática y ambiental del país, sino que además conforman el marco estratégico que sustenta la implementación de iniciativas internacionales como REDD+.

La Tarea Vida establece un enfoque transversal para la adaptación al cambio climático mediante acciones como la protección de ecosistemas vulnerables, la rehabilitación de manglares y la reforestación, elementos fundamentales para la reducción de emisiones y el aumento de reservas de carbono, pilares centrales de REDD+. A su vez, los Lineamientos de la Política Económica y Social impulsan la sostenibilidad en la agricultura, la actividad forestal y la gestión ambiental, promoviendo prácticas productivas que reducen la presión sobre los bosques y fortalecen la conservación de los recursos naturales del país.

Por su parte, el PNDES 2030 integra de manera explícita la sostenibilidad ambiental como eje estratégico y orienta la protección de los recursos naturales, la conservación de ecosistemas, la reducción de vulnerabilidades y la incorporación de la dimensión ambiental en todas las políticas y programas del Estado. Este enfoque se alinea estrechamente con los requerimientos institucionales y de gobernanza necesarios para la implementación efectiva de REDD+, incluyendo la necesidad de marcos jurídicos actualizados, evaluación ambiental estratégica y fortalecimiento de capacidades territoriales.

En conjunto, estas políticas nacionales proporcionan la estructura institucional, técnica y estratégica que ha permitido a Cuba avanzar en la construcción de un Sistema Nacional de Monitoreo Forestal robusto, en la definición de niveles de referencia de emisiones y en la creación de condiciones para acceder a pagos por resultados en el marco REDD+. Así, los resultados alcanzados por Cuba en el período 2019–2023 no pueden entenderse sin reconocer la articulación sólida entre estas políticas y el mecanismo REDD+, que convergen en un objetivo común: proteger los bosques, reducir emisiones y fortalecer la resiliencia del país ante el cambio climático.

El presente Anexo Técnico REDD+, conforme a la decisión 14/CP.19 (Modalidades para la medición, notificación y verificación), se realiza en el marco del Primer Informe Bienal de Transparencia (IBT 1) de Cuba y abarca el periodo de resultados 2019-2023, posterior al periodo de igual duración (cinco años) que sirvió de base para la construcción del NREF y que comprende los años 2014-2018. En consecuencia, los resultados de la reducción de emisiones que se muestran en el presente reporte son en comparación con el NREF presentado a la CMNUCC y revisado por el Equipo Técnico (Technical Assessment Team) de la CMNUCC durante el año 2025.

Tanto el NREF como los resultados se obtuvieron con alcance nacional, o sea, abarca toda la extensión de bosques del país. Y que, en este caso, entre todas las categorías de área que se consideran en la definición de bosques, los datos de actividad que se utilizaron responden a la superficie de bosques con cobertura de árboles, con cifras que varían entre 3.367.143 ha existentes en 2014 y 3.438.413 ha en el 2023. Datos estimados mediante muestreo estadístico utilizando la plataforma Collect Earth Online (CEO), siguiendo el mismo protocolo aplicado para la estimación de datos de actividad en el NREF.

La versión original del informe sobre el NREF de Cuba se presentó a la CMNUCC a finales del mes de enero de 2025, con alcance subnacional, abarcando la región centro-oriental del país que representa el 54% de

los bosques de la nación. El periodo analizado inicialmente fue 2014-2019 (seis años). Las actividades de REDD+ consideradas fueron: aumento de las existencias de carbono; conservación del carbono almacenado en los bosques; y manejo sostenible de bosques. Los reservorios incluidos fueron: carbono contenido en la biomasa aérea y biomasa subterránea y el GEI considerado fue el CO₂.

Durante el proceso de Evaluación Técnica (ET) se respondieron por escrito preguntas del TA y se realizaron conversaciones virtuales mediante video conferencias. Los análisis permitieron profundizar en elementos técnicos para el contexto nacional, esclarecer puntos de vistas, aportar nuevas informaciones y tomar decisiones en función de mejorar la presentación de Cuba. De ahí que en julio de 2025 se presentara una versión modificada del NREF, en esta ocasión con alcance nacional, ajustada al periodo 2014-2018 y con una modificación de las actividades REDD+ y los GEI incluidos en las estimaciones. La información más significativa de la ET y las respuestas proporcionadas por Cuba, se detallan en el capítulo 6 del presente informe.

Al analizar los resultados que se obtienen en el periodo estudiado, con respecto al NREF, se observa que éstos reflejan la alineación de las políticas nacionales con los propósitos de REDD+. Para el caso particular de Cuba resulta muy relevante que la reducción de emisiones por deforestación se obtenga como consecuencia del crecimiento de las absorciones netas por el incremento de la cobertura de bosques, si se tiene en cuenta que la deforestación como proceso presenta niveles muy bajos y en contraposición a la pérdida de superficie forestal se muestra un crecimiento sostenido de ésta. También el manejo forestal sostenible contribuye al incremento de las existencias de carbono.

La propia construcción del NREF y su proceso de evaluación técnica permitieron identificar los aspectos que requieren mejoras a futuro. Ello deriva en acciones priorizadas que Cuba asume con responsabilidad, en función de perfeccionar próximos NREF, así como la elaboración de sus informes nacionales y reportes internacionales respecto a las emisiones de GEI.

2. SISTEMA NACIONAL DE MONITOREO FORESTAL

2.1 Introducción y antecedentes

Un Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF) consta de personas, instituciones y recursos para su implementación a nivel nacional en colaboración con otras partes interesadas (FAO, 2017d).

Visto desde esta arista de la definición de un SNMF podría plantearse que en Cuba desde hace mucho tiempo existe un SNMF. Sin embargo, siendo fieles a la realidad, hasta entonces no ha existido en ninguno de los instrumentos de la política forestal de Cuba una definición nacional que establezca al monitoreo forestal cubano como un sistema. A pesar de ello, también los mecanismos de coordinación o arreglos institucionales para la evaluación, el análisis, la interpretación de los datos y la presentación de informes ha funcionado como un sistema.

Los aspectos que han limitado a Cuba en el avance hacia un SNMF han estado relacionados con la imposibilidad de usar de manera extensiva, cubriendo todo el territorio nacional, las técnicas de interpretación visual mediante el empleo de sensores remotos, así como realizar periódicamente los INF, siendo éstos, dos componentes claves del SNMF. Como alternativas prácticas Cuba ha venido combinando diferentes técnicas de obtención de datos: la declaración de los tenentes o administradores del recurso forestal, procesos de medición directa en campo, con GPS, empleo de SIG, fotos aéreas tomadas en avión, drones y la propia interpretación a partir de imágenes satelitales en determinadas porciones del territorio nacional. Todos estos métodos de manera combinada, mediante el proceso de la “Dinámica Forestal” han permitido contar con una serie de datos de superficie desde hace varias décadas.

Por su parte el proceso de la ordenación forestal realizado en tres ciclos –el primero en el 100% de la superficie de uso forestal y los dos siguientes en más del 50%– y el empleo de parcelas de muestra en procesos de investigación han aportado datos de inventarios de campo posibilitando contar con información necesaria para la estimación de biomasa, la determinación de factores de emisión y otros datos de interés. A su vez, desde 1998 con la creación del Servicio Estatal Forestal, la certificación de la realización de las actividades de fomento, manejo y protección de bosques ha devenido en un sistema de control válido que asegura transparencia y calidad en las actividades que generan información.

Entre 2010 y 2023, la República de Cuba avanzó progresivamente en el Monitoreo Forestal (MF) aproximándose cada vez más hacia la consolidación como sistema en el cumplimiento de las directrices planteadas en el marco de transparencia del Acuerdo de París y de los sistemas de monitoreo requeridos para REDD+ bajo la CMNUCC. Este proceso se apoyó en una base institucional histórica, derivada del Programa Nacional de Reforestación iniciado en 1959, y en el fortalecimiento continuo de su sistema de control del patrimonio forestal basado en los inventarios forestales a través de la ordenación forestal, los registros administrativos y el proceso de captación y procesamiento de la información forestal a través de la “Dinámica Forestal”.

El control del patrimonio forestal está establecido como función del Estado, dado que los bosques son propiedad estatal socialista de todo el pueblo, según la Constitución de la República y la Ley Forestal (Ley No. 85/1998). Esta ley regula:

- la protección, conservación e incremento del patrimonio forestal;
- el uso racional y sostenible de los recursos forestales;
- el control de incendios, desmontes, talas ilegales y degradación; y
- la reforestación obligatoria en áreas definidas por criterios ambientales y productivos.

Además, este marco legal proporciona la base institucional para la implementación del SNMF y para el monitoreo de actividades relevantes para REDD+.

El patrimonio forestal incluye bosques naturales y plantaciones, independientemente de su ubicación o tenencia, y se gestiona bajo principios de ordenación forestal y sostenibilidad.

Durante el periodo 2010–2013, el MF operó fundamentalmente a partir de proyectos de ordenación forestal, registros del Servicio Estatal Forestal y del Cuerpo de Guardabosques, y sistemas de información sectoriales, con un enfoque prioritario en la planificación forestal, la reforestación y el control de incendios y talas ilegales. En esta fase se sentaron las bases técnicas e institucionales para la posterior alineación del sistema con los requerimientos internacionales de Medición, Reporte y Verificación (MRV), aunque con un alcance limitado en el uso sistemático de teledetección y estimación de carbono forestal.

La etapa 2014–2018 representó un punto de inflexión, al ser adoptada como período de referencia para la construcción del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF/NRF). En este período, Cuba avanzó hacia una mayor estandarización metodológica, incorporando de forma más sistemática el uso de datos de actividad derivados de teledetección, la definición nacional de bosque y la estimación de depósitos de carbono conforme a las Directrices del IPCC. La información generada en estos años sirvió de base para la elaboración del NREF/NRF (2014–2018), garantizando coherencia con los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y los principios de transparencia exigidos por la CMNUCC.

A partir de 2019 y hasta 2023, el MF entró en una fase de fortalecimiento y consolidación funcional, impulsada por el acompañamiento técnico de la FAO y el financiamiento del Fondo Verde para el Clima, en el contexto de la preparación de Cuba para el mecanismo REDD+. En esta etapa se reforzaron los arreglos institucionales, se amplió el uso de tecnologías de teledetección, SIG y equipamiento de campo, y se avanzó en la integración de fuentes de datos provenientes del Servicio Estatal Forestal, el Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, el Grupo Empresarial Agroforestal, el Grupo Empresarial Flora y Fauna, el Centro Nacional de Áreas Protegidas y el Cuerpo de Guardabosques.

La consistencia entre el período de referencia 2014–2018 y el período de resultados 2019–2023 se garantiza mediante varios elementos clave del SNMF. En primer lugar, se mantiene la misma definición nacional de bosque y los mismos umbrales técnicos, asegurando comparabilidad temporal. En segundo lugar, se aplican metodologías compatibles con las Directrices del IPCC para la estimación de Datos de Actividad (DA) y Factores de Emisión (FE), con una integración coherente entre inventarios forestales y teledetección. En tercer lugar, se fortalecieron los procedimientos de aseguramiento y control de la calidad (QA/QC) y la trazabilidad de las fuentes de información, lo cual permite comparar de forma transparente las emisiones y remociones del período 2019–2023 frente al NREF/NRF 2014–2018.

Resumiendo y evaluando de conjunto las acciones realizadas en materia de MF en Cuba el periodo 2010–2023 se caracterizó por el avance hacia su consolidación como sistema proporcionando la base técnica para la notificación de resultados REDD+ y aunque aún, durante esta etapa, no tiene una instrumentación legal, ha tenido una evolución gradual, metodológicamente consistente, transitando de un enfoque sectorial tradicional hacia un sistema multipropósito alineado con FAO, REDD+ y el Marco de Varsovia, capaz de sustentar la notificación de resultados REDD+ a la CMNUCC y de respaldar, en el mediano plazo, la elegibilidad del país para pagos basados en resultados, manteniendo la integridad ambiental y la coherencia con su nivel de referencia forestal. Como resultado de este complejo proceso, actualmente, en el marco de actualización de la política y legislación forestal

cubana se incluye el establecimiento del SNMF como componente imprescindible de la gestión forestal sostenible y el enfrentamiento al cambio climático.

2.2 Marco conceptual y alineamiento REDD+

El SNMF de Cuba se estructura conforme a las directrices técnicas de la FAO en tres componentes interrelacionados:

- Monitoreo del territorio mediante teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Colecta de datos de campo (con los Inventarios Nacionales Forestales como principal vía).
- Gestión, reporte y verificación de la información forestal.

Estos componentes se sustentan en los mecanismos de coordinación y flujos de información arreglos institucionales que, a través de la adopción y coordinación del Ministerio de la Agricultura, se conducen y controlan por el Servicio Estatal Forestal, con la participación de instituciones científicas, productivas, de control, de conservación ambiental, las universidades y la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales como parte de la sociedad civil cubana.

2.3 Arreglos institucionales y roles en el SNMF (2019–2023)

El SMRV adoptado para el INGEI, cuyos arreglos institucionales son coincidentes con los establecidos para el seguimiento a la CND, definen los actores claves y sus roles y establecen los procedimientos para el flujo de la información correspondiente al sector forestal. Estos arreglos institucionales también son adoptados para los procesos vinculados a REDD+. Por otra parte, la Comisión Nacional del Sistema de Reforestación como comisión inter organismos creada para el incremento y desarrollo de la actividad forestal tiene varias funciones que requieren del control del patrimonio forestal y la evaluación de su estado; de modo que como elemento de coordinación forestal asumido para REDD+ propicia, también, un espacio para el análisis y la adopción de decisiones que involucre la participación conjunta de varias instituciones. El rol de los actores claves se definen a continuación.

- 1) **Servicio Estatal Forestal (MINAG):** Autoridad competente del sector forestal, coordinador institucional del SNMF y enlace técnico nacional ante la FAO y la CMNUCC.
- 2) **Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF):** Soporte científico-metodológico del sistema MRV; desarrollo de metodologías de inventario forestal, factores de emisión, modelos de biomasa y carbono.
- 3) **Cuerpo de Guardabosques de Cuba (CGB - MININT):** Monitoreo operativo de disturbios forestales, incendios, tala ilegal y procesos de degradación forestal.
- 4) **Grupo Empresarial Agroforestal (GAF):** Generación de datos en bosques productivos, de protección y conservación; ejecuta acciones de reforestación, manejo forestal sostenible y aprovechamientos.
- 5) **Grupo Empresarial Flora y Fauna (GEFF):** Gestión de bosques en áreas protegidas, restauración ecológica y uso sostenible de recursos forestales.
- 6) **Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP – CITMA):** Monitoreo del estado de conservación y de la cobertura forestal en áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).
- 7) **Comisiones Municipales, Provinciales y Nacional del Sistema de Reforestación:** Seguimiento territorial de la reforestación, consolidación, evaluación y aprobación de información primaria y articulación con los gobiernos locales.

Tabla No. 1: Matriz institucional MRV del SNMF de la República de Cuba (2019–2023)

Actor	RoI MRV	Dato / Producto	Periodicidad	Responsable QA/QC	Uso en reporte CMNUCC / REDD+
SEF (MINAG)	Coordinación SNMF	Deforestación, reforestación, manejo forestal	Mensual / Anual	Unidad SNMF – SEF	FREL/NREF, Resultados REDD+, BTR
INAF	Metodologías y Factores de Emisión	Factores de emisión, biomasa y carbono	Revisión periódica	Comité técnico INAF–SEF	Documentación IPCC
CGB (MININT)	Disturbios forestales	Incendios y degradación	Evento / Campaña	SEF + CGC	Degradación forestal
GAF	Gestión productiva, de protección y conservación	Plantaciones, manejo forestal y aprovechamientos	Trimestral / Anual	SEF + Empresas	Datos de actividad
Flora y Fauna	Conservación y restauración ecológica	Cobertura forestal y restauración en Áreas Protegidas	Semestral / Anual	SEF + Empresa	Datos de actividad, Resultados y SIS
CNAP (CITMA)	Monitoreo en áreas protegidas (AP)	Estado de conservación	Anual	CNAP + SEF	SIS / SNAP
Comisiones del Sistema de Reforestación	Seguimiento territorial	Siembra y regeneración	Mensual	SEF local	Datos de actividad, Consolidación nacional

En el **Anexo 1** se muestra un diagrama de flujo para el MRV del SNMF de Cuba.

2.4 Componentes técnicos MRV del SNMF

- Teledetección y SIG:** Detección de cambios de cobertura y uso del suelo y apoyo a la estimación de Datos de Actividad (AD).
- Gestión y reporte:** Consolidación de bases de datos, aplicación de procedimientos de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) y preparación de insumos para los Informes Bienales de Transparencia (IBT), Informes Bienales de Actualización (IBA) y anexos REDD+.
- Inventario Nacional Forestal:** Obtención de datos de campo (actualmente el INF está en fase de diseño y en un futuro apoyará en la mejora de los factores de emisión, como alternativas se toman datos de los inventarios que se realizan para la ordenación forestal y para investigaciones científicas).

2.5 Resultados clave del SNMF en el período 2019–2023

- Funcionamiento continuo del SNMF como sistema multipropósito alineado con FAO y el Marco de Varsovia.

- Disponibilidad de una base técnica sólida para la construcción y actualización del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF/NRF).
- Fortalecimiento de los mecanismos de coordinación y de los flujos de información del sistema nacional forestal, refrendados en los arreglos institucionales adoptados.

3. DEFINICIONES APLICADAS

3.1 Definición de bosque

Como parte del trabajo científico e investigativo realizado en el marco de REDD+ en el país, se adoptó una definición de bosques más explícita que complementa la definición establecida en la Ley Forestal de Cuba (Ley 85/1998). Dicha definición ampliada es la misma que se describió en la presentación del NREF y que en este anexo se detalla nuevamente a continuación:

Bosque: Superficie de tierra donde los árboles son las especies vegetales dominantes con una altura mínima potencial de 5 m, con una cobertura de copas igual o mayor de 30 %, que se extiende por más de 0.5 hectáreas y que, por los servicios que brindan, constituyen ecosistemas de relevancia económica, ambiental y social. No incluye la tierra con uso predominantemente agrícola o ganadero.

Se incluyen en la definición de bosque las especificaciones siguientes:

- a) Formaciones vegetales naturales cuyo desarrollo está limitado por condiciones ambientales adversas y no alcanzan la altura de 5 m, pero pueden alcanzar una altura igual o mayor de 2 m;
- b) plantaciones o áreas regeneradas naturalmente que por su juventud no han alcanzado los 5 m ni una cobertura de copas del 30%;
- c) áreas temporalmente desprovistas de árboles debido a incendios forestales o talas realizadas como parte de prácticas de manejo forestal o talas sanitarias, las cuales se espera se regeneren dentro de un plazo de 5 años. Condiciones locales pueden, en casos excepcionales, justificar un plazo mayor;
- d) caminos forestales, cortafuegos y otras pequeñas áreas con ancho igual o mayor de 20 m y superficie igual o mayor de 0.5 ha, por ejemplo: cortinas rompe vientos o fajas de árboles en áreas abiertas;
- e) áreas de importancia relevante, aunque tengan una superficie de hasta 0,1 ha; ejemplo: rodales semilleros; bosquetes con especies endémicas o amenazadas; grupos de palmáceas o de especies de valor económico; y bosques urbanos de interés para la recreación de alguna comunidad, entre otros objetivos;
- f) áreas de bosque salado o “manglar rateño”, que a pesar de no alcanzar los 5 m de altura en su composición están presentes especies arbóreas adaptadas a esas condiciones; y
- g) áreas cubiertas de bambú y palmeras plantadas o regeneradas naturalmente con potencialidades de alcanzar el límite mínimo establecido para la altura y cubierta del dosel.

Se excluyen de la definición de bosque las especificaciones siguientes:

- a) Agrupaciones de árboles en los sistemas de producción agrícola, tales como plantaciones de frutales, café y cacao bajo sombra arbórea, plantaciones de cocoteros y otras palmeras plantadas con fines comerciales; los sistemas agroforestales con cultivos bajo una cubierta de árboles y los sistemas silvopastoriles, siempre que en estos dos últimos casos predomine el uso agrícola y ganadero; y

- b) Superficies destinadas a la producción agrícola y ganadera cubiertas de marabú *Dichrostachys cinerea (L.)*, con independencia de que hayan alcanzado la altura y cobertura de copa mínimas establecidas para los bosques.

Teniendo en cuenta la definición anterior con sus inclusiones y exclusiones y evaluando el estado de la cobertura forestal a partir de la existencia de árboles, se definieron varias categorías que, dentro de la categoría bosques, muestran el estado de la cobertura de árboles. Éstas fueron consideradas en el momento de realizar la estimación de las emisiones/absorciones, las mismas son:

- Bosque estable con árboles: superficie de bosques con cobertura de árboles de 30 o más por ciento de proyección de copas que se mantiene en esa condición durante el periodo analizado. Expresa la cantidad de áreas donde se conserva el stock de carbono, o sea, son sumideros permanentes, al menos durante ese tiempo.
- Bosque estable sin árboles a con árboles: superficie de bosques que han estado temporalmente sin cobertura de árboles o por debajo del 30% de proyección de copas y que en el periodo analizado recobran la cobertura de árboles. Aportan al incremento de la cobertura de bosques con árboles y por tanto intervienen en el crecimiento de los sumideros de carbono en ese tiempo.
- Bosque estable con árboles a sin árboles: superficie de bosques que pierden la cobertura de árboles o disminuye por debajo del 30% de proyección de copas durante el periodo analizado. Las causas son diversas. En este caso se consideraron talas, incendios y otras perturbaciones (huracanes, enfermedades, etc.). Expresan una pérdida de la capacidad sumidero total o parcialmente durante ese tiempo y constituyen factores de degradación de los bosques.
- Bosque estable sin árboles: superficie de bosques que durante el periodo analizado no presentan cobertura de árboles o la tienen por debajo del 30% de proyección de copas. En este caso no se consideraron en la determinación de los niveles de referencia por no disponerse de datos sobre los factores de emisión.

Los cambios que cada año se produjeron en estas categorías permitieron evaluar la dinámica de la superficie total con árboles que fue la que se utilizó como dato de actividad en el cálculo de las absorciones brutas.

Para el futuro se prevé utilizar la definición de bosque utilizada para el NREF/NRF y los resultados mostrados en este informe en el INGEI, el FRA y otros informes nacionales.

3.2 Actividades de REDD+

En correspondencia con la presentación del NREF, las actividades de REDD+ evaluadas en este Anexo Técnico son:

- Reducción de la deforestación;
- aumento de las existencias de carbono y
- manejo sostenible de bosques.

El incremento de la cobertura de bosques, entiéndase como superficie de uso forestal con cubierta de árboles, es el indicador clave que expresa el resultado concreto de las tres actividades mencionadas anteriormente. Obsérvese en cada caso lo siguiente:

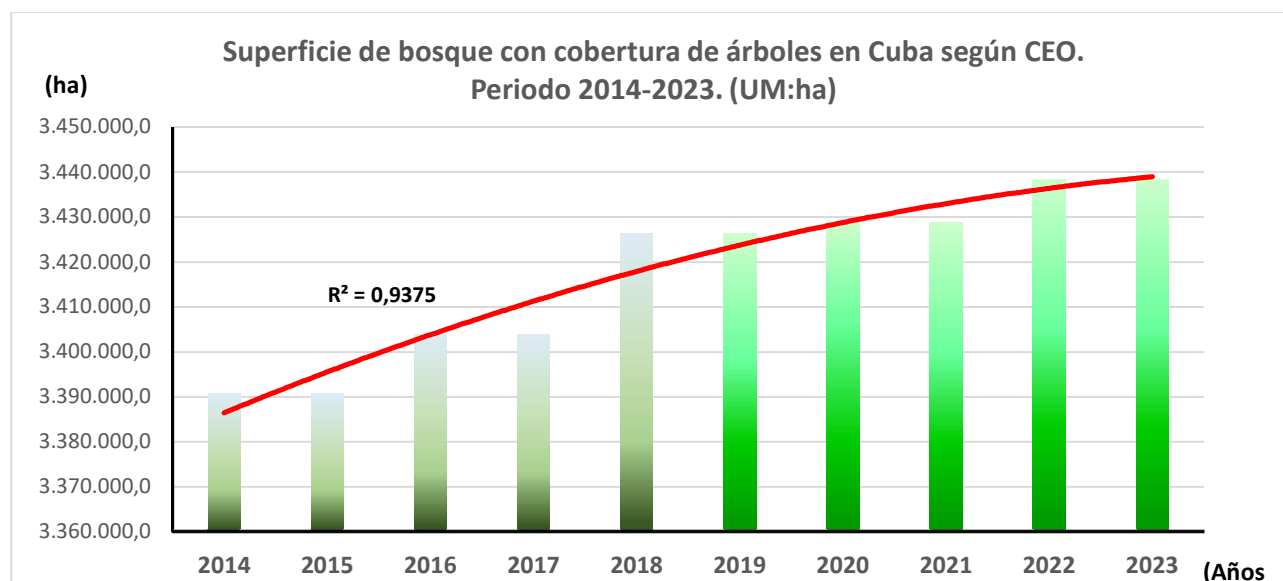
Entre 1492 y 1959 Cuba sufrió un largo proceso de deforestación, reduciéndose su cobertura de bosques de algo más del 80% hasta el 14%. La política adoptada con el Gobierno Revolucionario permitió, a partir de 1960 detener ese proceso, de modo que el país, de exhibir tasas de deforestación pasó a mostrar tasas de incremento de la superficie cubierta de bosques. No es que la deforestación se redujera a cero. Ésta, por lógica continuó con algunas áreas que por necesidades de la economía se dedicaron a algunas inversiones, sin embargo, las acciones de forestación y reforestación superaron con creces la pérdida de cobertura forestal. Muestra de ello ha quedado reflejado en los diferentes ciclos de la Estrategia Nacional Ambiental de Cuba, donde la deforestación dejó de ser uno de los principales problemas ambientales del país, centrando su atención, hasta la fecha, en otras afectaciones a la cobertura forestal. De este modo se evidencia que existe una reducción de la deforestación y una tendencia sostenida del incremento de la superficie de bosques cada año.

El propio crecimiento de la cobertura forestal representa un crecimiento de las existencias de carbono. De hecho, el 70% de los bosques en Cuba están destinados a funciones de protección y conservación, lo que significa que las talas están reguladas y en esas superficies de bosque la cobertura de árboles es permanente y en correspondencia con ello el crecimiento de la biomasa forestal es constante.

Por otra parte, el manejo forestal en Cuba se realiza bajo los principios de la sostenibilidad. Por ejemplo, el aprovechamiento forestal, en las áreas donde es legal hacerlo (bosques de producción y protección), está prohibida la extracción de volúmenes superiores al incremento de la masa forestal, esto está directamente relacionado con un máximo de superficie permisible a talar, lo que siempre conduce a que las superficies donde se realizan talas sean muy inferiores a las que se incrementan de manera conjunta entre los procesos de rehabilitación, forestación y reforestación.

En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento de la superficie forestal para el periodo precedente tenido en cuenta para el NREF (2014-2018) y el periodo de análisis de resultado evaluado en este Anexo Técnico:

Gráfico 1: Superficie de bosques con cobertura de árboles en Cuba. Periodo 2014-2023. UM: ha.
Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag



Nota: El NREF se determinó para el periodo 2014-2018 y el periodo de resultados es 2019-2023.

4. NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES

El NREF utilizado en este Anexo Técnico corresponde al NREF de Cuba para el período 2014–2018 que fue sometido a evaluación técnica conforme a los procedimientos establecidos en el Marco de Varsovia para REDD+, bajo la CMNUCC, específicamente en la decisión 12/CP.17 (Orientación sobre los sistemas para proporcionar información acerca de la forma en que se están abordando y respetando las salvaguardias y sobre las modalidades relativas a los niveles de referencia de las emisiones forestales y los niveles de referencia forestal a que se hace referencia en la Decisión 1/CP.16.) y la decisión 13/CP.19 (Directrices y procedimientos para la evaluación técnica de las comunicaciones presentadas por las Partes sobre los niveles de referencia de las emisiones forestales y/o los niveles de referencia forestal propuestos.)

Cuba, en el mes de enero de 2024 presentó a la CMNUCC una primera versión de su NREF con un alcance subnacional abarcando el periodo 2014-2019 con el fin de asegurar la consistencia metodológica entre el período de referencia y el período de resultados reportado en este Anexo Técnico. A partir del intercambio con el TA y teniendo en cuenta la posibilidad de que se podía presentar una versión mejorada en el marco del propio proceso de revisión se decidió ajustar el periodo a 2014-2018 y extender el alcance hasta el nivel nacional.

En síntesis, el NREF de la República de Cuba para el periodo 2014-2018 con alcance nacional se presentó en el año 2025 y en el propio año se realizó su ET. Dicha presentación incluyó como actividades REDD+ la “Reducción de la deforestación”; el “aumento de las existencias de carbono” y el “manejo sostenible de bosques”. Como reservorios se consideraron las biomásas aérea y subterránea y los GEI incluidos fueron: CO₂, CH₄ y N₂O y como precursores de GEI: CO y No_x.

Como pudo apreciarse en el informe de Cuba sobre el NREF presentado a la CMNUCC en julio de 2025 se excluyó de las actividades fundamentales de REDD+ la reducción de emisiones por degradación forestal. No porque en Cuba no existiera degradación. Ya es reconocido que diferentes causas generan degradación con incidencias nada despreciables. Sin embargo, hasta entonces no se cuenta en el país con datos suficientes con alcance nacional que permitieran calcular un nivel de referencia asociado a esta actividad de REDD+. De hecho, evaluar la degradación y sus impactos, con énfasis en las emisiones forestales constituye un área de mejora técnica futura.

No obstante, Cuba, en el periodo de resultados avanzó de forma parcial en la implementación de acciones que han permitido evaluar la degradación y medir el impacto en mitigación a partir de las acciones de manejo realizadas para reducir la misma. En el “Informe Científico Técnico de Resultado” del Sector Forestal elaborado por el INAF como parte del trabajo realizado en cumplimiento de las acciones concebidas en el Proyecto de Colaboración Internacional “Ecovalor” se exponen los resultados en este sentido. De forma muy resumida, al respecto se describe lo siguiente:

En relación con la degradación forestal en Cuba y en el marco de ejecución del proyecto “Ecovalor” se logró:

- Adoptar una definición nacional sobre la degradación forestal, hasta el momento no adoptada.
- Aprobar una metodología de evaluación de la degradación forestal que considera cinco categorías de degradación a partir del estado de varios indicadores, los que se ajustan a las categorías de bosque establecidas en el país según la función principal del bosque (productor, de protección o de conservación).
- Medir la degradación en 12 646 ha ubicadas en 32 áreas de trabajo pertenecientes a 17 unidades administrativas dentro de las áreas de incidencia del proyecto. El resultado de la evaluación en general fue de 3 en una escala de 0-5, o sea, degradación moderada.
- Remover 1.734.187 tCO₂e como resultado de la reducción de la degradación pasando de una categoría de “moderada” a “muy bajo”, resultante de la ejecución de los manejos recomendados.

En el país, como resultado del balance neto de emisiones el valor del NREF presentado es de **-20.414.991,2 ± 166.622,5 tCO_{2e} anuales**. El valor negativo refleja que el sector forestal actúa como un sumidero neto de carbono durante el período de referencia.

Las metodologías utilizadas para estimar las emisiones y remociones del período de resultados son consistentes con aquellas empleadas en la construcción del NREF". En la **Tabla 2** se muestra un resumen sobre el NREF, en la **Tabla 3 y Gráfico 2** se muestra el balance de emisiones para el periodo 2014-2018 y en el **Gráfico 3** las absorciones netas de CO_{2e} con su NREF.

Tabla No. 2: Resumen sobre el NREF de Cuba. Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag.

Elemento	Descripción
Periodo del Nivel de Referencia	2014 – 2018
Alcance	Nacional
Actividades REDD+	Deforestación, aumento de existencias, manejo sostenible
Reservorios	Biomasa aérea y subterránea
GEI	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
Valor delo NREF (Emisiones netas)	X tCO _{2e} /año (-20.414.991,2 ± 166.622,5)

Tabla No. 3: Balance de emisiones de la República de Cuba correspondiente al periodo 2014–2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag. Construcción del NREF).

Años	Total de Absorciones	Total de emisiones	Emisiones/ Absorciones netas
2014	-22.205.194	1.727.984	-20.477.211
2015	-22.205.195	2.220.020	-19.985.175
2016	-22.351.966	1.716.735	-20.635.231
2017	-22.351.966	2.028.323	-20.323.643
2018	-22.461.705	1.808.008	-20.653.696
Suma	-111.576.026	9.501.070	-102.074.956
Promedio	-22.315.205	1.900.214	-20.414.991

Gráfico 2: Balance de emisiones de CO_{2eq} en Cuba. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

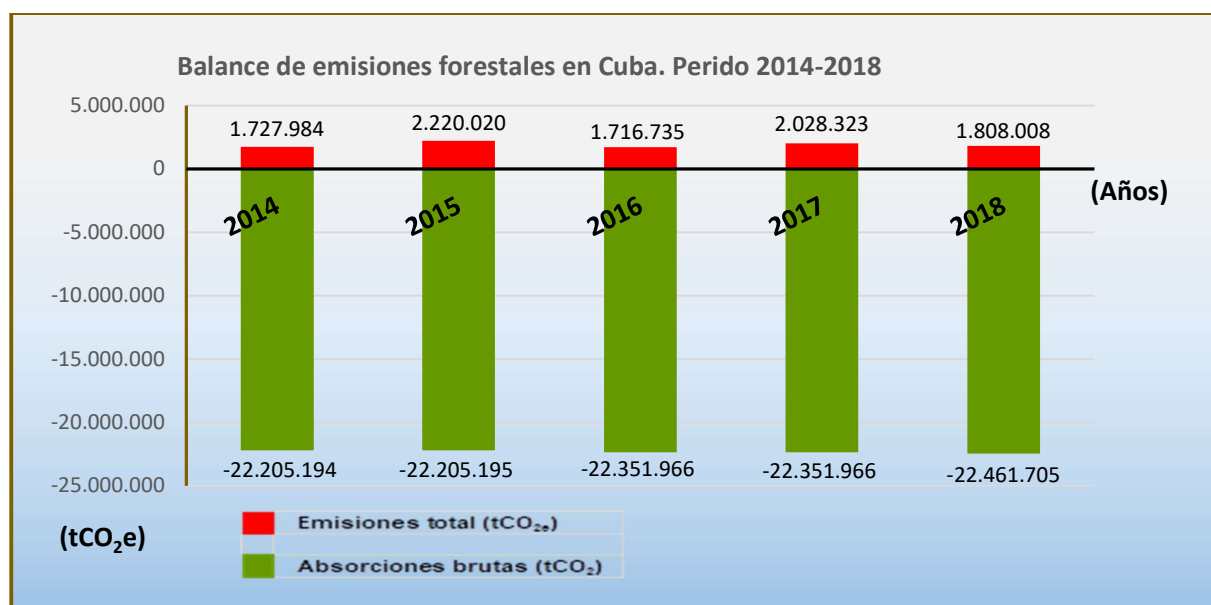
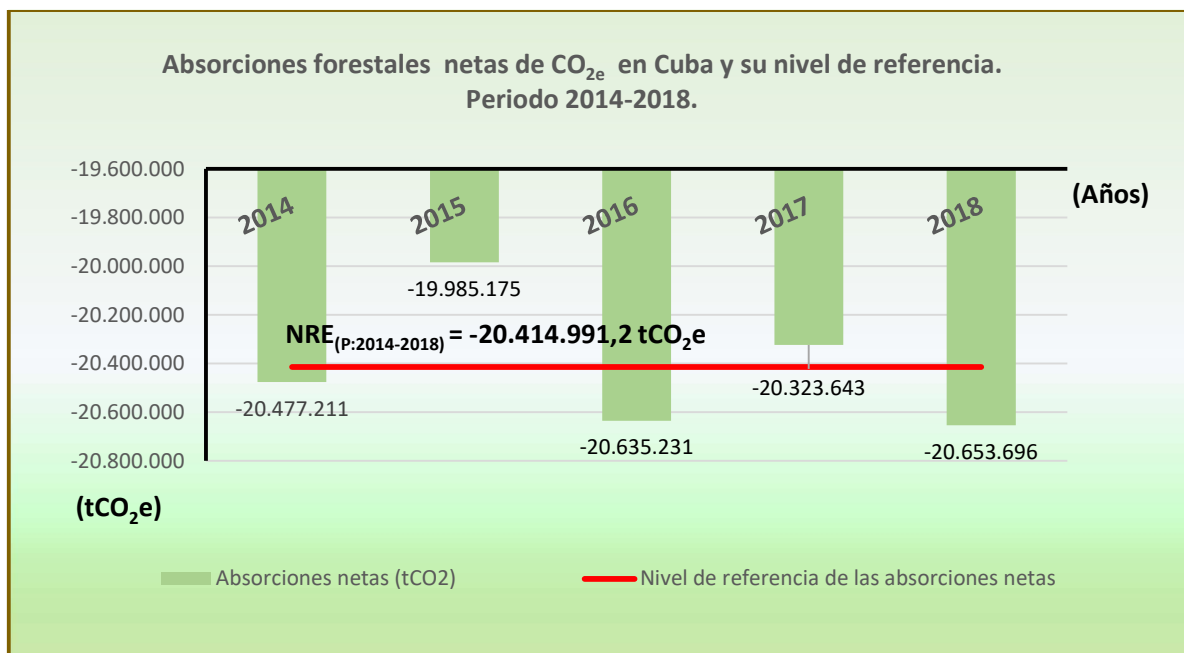


Gráfico 3: Absorciones de CO₂ como resultado del balance neto de emisiones forestales en Cuba y su nivel de referencia. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).



5. EVALUACION TECNICA DEL NREF

De conformidad con las decisiones 12/CO.17 y 13/CP.19 del Marco de Varsovia para REDD+ y bajo la coordinación de la secretaría de la CMNUCC, la ET de la presentación original del NREF de Cuba se realizó del 24-28 de marzo de 2025 con la participación de dos expertos de la CMNUCC. Las preguntas de los evaluadores se respondieron mediante informes escritos y se desarrollaron dos intercambios entre los equipos técnicos de la CMNUCC y Cuba mediante videoconferencia, los que permitieron hacer aclaraciones y al mismo tiempo proporcionar información adicional, que fueron consideradas por el equipo de evaluación.

En resumen, los principales aspectos analizados se relacionan con: justificar el por qué en Cuba existen bajos niveles de deforestación; qué reservorios de carbono y factores de emisión se han utilizado en relación con la definición nacional de bosque y la clasificación por tipos de bosque; consideración en el cálculo de las emisiones/absorciones de las áreas afectadas por los diferentes tipos de perturbaciones y la cosecha de madera; criterios para la evaluación de las incertidumbres y consistencia con los informes anuales del balance de emisiones del país.

Las videoconferencias realizadas permitieron al equipo cubano obtener una mejor comprensión sobre los diferentes aspectos analizados y ambas partes decidieron que Cuba presentara una versión modificada del NREF, la se presentó el 29 de julio de 2025. Esta aportó elementos técnicos y mejoró la claridad y la transparencia del informe al incorporarse las modificaciones sugeridas por el TA. También se amplió el alcance de un NREF subnacional a nacional, se reconsideraron las actividades de REDD+ y los GEI incluidos y se ajustó el periodo de referencia de 2014-2019 a 2014-2018 con el objetivo de garantizar coherencia metodológica con el período de resultados utilizado en el Anexo Técnico.

Posterior a la presentación de la versión modificada del NREF y como parte del proceso de ET, se respondieron por escrito otras siete preguntas.

Según lo establecido en la decisión 13/CP.19 se evaluaron 17 aspectos, de los cuales en 12 se realizaron señalamientos para futuras mejoras. Estas se asumen por Cuba como líneas de trabajo y se expresan de la manera siguiente:

- 1) Garantizar la coherencia en los métodos, definiciones, AD y FE utilizados en la construcción del NREF y en la preparación del inventario nacional de GEI.
- 2) En futuras presentaciones de NREF describir todos los datos utilizados para su construcción, incluidos los datos del año de referencia con respecto al cual se estiman las emisiones y las absorciones.
- 3) Aumentar la transparencia del NREF proporcionando información sobre todos los FE y sus fuentes, así como la relación raíz-tallo, la fracción de carbono en la biomasa aérea y el crecimiento aéreo anual.
- 4) El uso de los valores predeterminados para la relación raíz-tallo para la zona climática "tropical húmeda" proporcionada en las Directrices del IPCC de 2006 es un área para futuras mejoras técnicas del NREF.
- 5) En futuras presentaciones del NREF garantizar que se proporcione toda la información pertinente en el cálculo de pérdidas de volumen de biomasa leñosa que incluya, por ejemplo: el volumen de leña y la aclaración de los valores de extracción de la madera en rollo.
- 6) Revisar el enfoque para estimar el crecimiento medio anual de biomasa aérea de bosques de edades desiguales (se sugiere alejarse del enfoque actual de estimar los valores sobre la base del área forestal y extrapolar estos datos para estimar dichos valores para todas las áreas forestales).
- 7) Con respecto a la incertidumbre garantizar la coherencia metodológica con las Directrices del IPCC de 2006 (vol. 1, cap. 3).
- 8) Mantener la coherencia en la presentación de informes sobre la superficie forestal nacional.
- 9) En futuros informes, el tratamiento de las reservas de madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo debe incluir estimaciones de emisión o proporcionar información sobre su insignificancia para justificar su omisión (eliminación).
- 10) Teniendo en cuenta que Cuba reconoce la degradación forestal como una actividad significativa, incluir en futuras presentaciones del NREF dicha actividad.
- 11) Mejorar la transparencia y precisión con respecto a la inclusión y/o exclusión de las áreas que no cumplen con los umbrales establecidos en la definición de bosques.
- 12) Conciliar las definiciones de bosque utilizadas en los informes nacionales con la presentación de informes internacionales o justificar la necesidad de definiciones diferentes.

El equipo de evaluación acogió con satisfacción las 10 acciones que Cuba se propone realizar para la mejora de futuras presentaciones e informes. Todas de alguna manera dan tratamiento a las sugerencias realizadas. En resumen, la evaluación técnica concluye lo siguiente:

- a) El NREF presentado en la versión modificada con alcance nacional para el período de referencia 2014-2018, corresponde a **-20.414.991 t CO₂ e/año**.
- b) Cuba incluyó en su NREF los reservorios más significativos, sin embargo, la exclusión de la degradación forestal, podría resultar en una subestimación de las emisiones. A pesar de ello se reconoce la intención de incluir la actividad en futuros NREF.
- c) La propuesta modificada del NREF mejoró significativamente la transparencia y la exhaustividad de la información proporcionada, amplió el alcance e incluyó gases distintos al CO₂ procedentes de incendios forestales (CO, CH₄, N₂O y NO_x).

- d) La información utilizada por Cuba en la construcción de su NREF para reducir las emisiones de la deforestación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas de carbono forestal es mayormente transparente, mayormente completo y mayormente de acuerdo con las directrices para el envío de información sobre niveles de referencia.

Finalmente, el equipo de evaluación felicita a Cuba por su firme compromiso con la mejora continua de sus estimaciones, en consonancia con el enfoque gradual. Igualmente, se reconoce que dichas mejoras dependen de las capacidades y políticas nacionales y destaca que la asistencia técnica constituyó una oportunidad para un intercambio técnico de información enriquecedor, abierto, facilitador y constructivo con el país.

6. DATOS DE ACTIVIDAD PARA EL PERIODO DE RESULTADOS

Los datos de actividad para el periodo de resultados que se reporta (2019-2023) se obtuvieron siguiendo el mismo procedimiento descrito para la obtención del NREF, o sea, se utilizaron los proyectos que mediante la herramienta Collect Earth On Line fueron elaborados. En este sentido, son coincidentes las imágenes satelitales utilizadas, las parcelas, las encuestas para la evaluación de uso predominante de la tierra y el estado de la cobertura en las diferentes categorías para la superficie de bosques. Como guía metodológica para la interpretación se utilizó el *"Protocolo de Clasificación de Usos de la Tierra y análisis de sus cambios en Collect Earth Online para los Niveles de Referencia de Emisiones Forestales de Cuba"*.

A continuación, se detalla información sobre el proceso de obtención de los datos de actividad de manera muy resumida:

Fuentes de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales usadas fueron varias, las que por defecto tiene CEO: Satélite Mapbox; Sentinel-2 Compuesto 2023; Planet NICFI (Público); Sentinel-1 Compuesto 2023 y para el Geo-Dash del proyecto se utilizaron: Landsat 8 2014, Sentinel 2 2016, Sentinel 2 2018, Planet Dec 2020, Planet Dec 2022 y Planet Oct 2024. Sus características fundamentales son:

Landsat 8 2014

GEE Image Asset ID: projects/ee-joseserafini-fao/assets/Cuba_L8_2014

Image Parameters (JSON format): {"bands": ["nir", "swir1", "red"], "min": [0,0,0], "max": [5500, 5500, 3000]}

Sentinel 2 2016

GEE Image Asset ID: projects/ee-joseserafini-fao/assets/Cuba_S2_2016

Image Parameters (JSON format): {"bands": ["nir", "swir1", "red"], "min": [0,0,0], "max": [5500, 5500, 3000]}

Sentinel 2 2018

GEE Image Asset ID: projects/ee-joseserafini-fao/assets/Cuba_S2_2018

Image Parameters (JSON format): {"bands": ["nir", "swir1", "red"], "min": [0,0,0], "max": [5500, 5500, 3000]}

Planet Dec 2020

GEE Image Asset ID: projects/planet-nicfi/assets/basemaps/americas/planet_medres_normalized_analytic_2020-12_mosaic

Image Parameters (JSON format): {"bands": ["N", "R", "G"], "min": [0,0,0], "max": [6500, 2500, 2500]}

Planet Dec 2022

GEE Image Asset ID: projects/planet-nicfi/assets/basemaps/americas/planet_medres_normalized_analytic_2022-12_mosaic

Image Parameters (JSON format): {"bands": ["N", "R", "G"], "min": [0,0,0], "max": [6500, 2500, 2500]}

Planet Oct 2024

GEE Image Asset ID: projects/planet-nicfi/assets/basemaps/americas/planet_medres_normalized_analytic_2024-10_mosaic

Image Parameters (JSON format): {"bands": ["N", "R", "G"], "min": [0,0,0], "max": [6500, 2500, 2500]}

También la interpretación se realizó utilizando el programa Google Earth Pro lo que permitió corroborar los cambios en el uso de la tierra y categorías de área de bosque.

Metodología para la obtención de los datos de actividad

Las decisiones de la CMNUCC sobre REDD+ en su visión general precisan que los países que opten por reportar voluntariamente la reducción de emisiones y el aumento de absorciones como resultado de la implementación de actividades de REDD+ en el contexto de los pagos basados en resultados pueden adoptar un enfoque por etapas para establecer, de acuerdo con las circunstancias y capacidades nacionales, SNMF sólidos y transparentes que:

- ✓ utilicen una combinación de métodos de teledetección y terrestres para los inventarios de carbono en los bosques a modo de estimar las emisiones antropógenas por fuentes de GEI relativas a los bosques y las absorciones por sumidero, las existencias forestales de carbono y los cambios en el área de bosque;
- ✓ proporcionen estimaciones que sean coherentes, exactas (en la medida de lo posible) y que reduzcan la incertidumbre, tomando en consideración los medios y capacidades nacionales;
- ✓ sean transparentes y sus resultados estén disponibles y sean aptos para su revisión, tal como se acordó en la COP de la CMNUCC.

Siguiendo esas recomendaciones metodológicas, en la construcción de su NREF, Cuba optó por transitar, de la forma que tradicionalmente empleaba en la obtención de los datos de actividad para el INGEI, a una forma diferente empleando las técnicas de la fotointerpretación de imágenes mediante la herramienta Collect Earth On line; buscando con ello mejorar la transparencia y facilitar la revisión de los resultados.

El mismo procedimiento metodológico utilizado para la construcción del NREF se utilizó para determinar los datos de actividad en el periodo de resultados. Incluso se utilizaron los mismos proyectos por regiones diseñados en CEO y sus encuestas. Dicho procedimiento se describe a continuación:

El diseño de muestreo utilizado es el sistemático con una malla de puntos en toda la extensión del territorio nacional. Para calcular el coeficiente de variación y con él, el tamaño de la muestra se tuvo en cuenta la variación promedio anual de la superficie de bosques en los últimos 10 años empleando la expresión siguiente:

$$n = \left(\frac{t_{\alpha} CV_{ij}}{IC} \right)^2$$

Donde:

n: es el tamaño de muestra necesario

t: es el valor de t a un nivel de confianza definido

CV: es el coeficiente de variación (En este caso para la cobertura forestal del país)

IC: es el medio ancho de intervalo de confianza deseado (Se tomó el 95%).

El tamaño de la muestra para todo el país fue de 10 526 parcelas de muestreo. En su distribución conformaron una grilla de puntos distribuidos a 3,5 km uno de otro. El tamaño de las parcelas seleccionado fue de 1 ha, o sea, de 100 m x 100 m.

En cada parcela se siguió la encuesta diseñada para interpretación siguiendo los pasos descritos en el árbol de decisión que se muestra en la página 33 del *“Protocolo de Clasificación de Usos de la Tierra y análisis de sus cambios en Collect Earth Online para los Niveles de Referencia de Emisiones Forestales de Cuba”*. Además, para superficie identificada como bosque se tuvo en cuenta la misma clasificación utilizada para los NREF, siendo: plantaciones de coníferas, plantaciones latifoliadas, bosque natural de coníferas, bosque natural latifoliado con altura igual o superior a 5 m y bosque natural latifoliado con altura entre 2 y 5 m y manglares.

Para cada categoría se determinó la proporción de la cantidad de parcelas contra el total de parcelas y en esa misma proporción se determinó la superficie en hectáreas con respecto a la superficie total del país sin la superficie acuosa. Las expresiones matemáticas utilizadas son las siguientes:

$$CP_{xyz} = \frac{CpCA_{xyz}}{TPssac}$$

Donde:

CP_{xyz} : Proporcionalidad o Coeficiente de participación de cada categoría de cambio, tipo de bosque y subperiodo.

$CpCA_{xyz}$: Cantidad de parcelas de cada categoría de cambio, tipo de bosque y subperiodo.

$TPssac$: Total de parcelas sin la superficie acuosa y el mar.

La superficie de cada categoría de cambio se calculó multiplicando la superficie terrestre total por el coeficiente de participación o proporcionalidad correspondiente a cada uno de los subperiodos analizados. La expresión es la siguiente:

$$SCC_{xyz} = STTssac \times CP_{xyz}$$

Donde:

SCC_{xyz} : Superficie de cada categoría de cambio, tipo de bosque y subperiodo.

$STTssac$: Superficie Terrestre total sin la superficie acuosa.

CP_{xyz} : Coeficiente de participación o de proporcionalidad de cada categoría de cambio, tipo de bosque y subperiodo.

Los datos obtenidos que sirvieron de base para el cálculo de las absorciones brutas de CO₂ se corresponden con la superficie de bosque con cobertura de árboles ajustadas a la clasificación descrita anteriormente. El resto de las categorías de área incluidas en la definición de bosque que en el momento de la evaluación no presentaban cobertura de árboles, no fueron consideradas. En la tabla siguiente se muestran los resultados:

Tabla 4: Superficie de bosques total con cobertura de árboles en Cuba determinada mediante el empleo de la herramienta CEO. Periodo 2019-2023. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

Superficie de bosques con cubierta de árboles en Cuba según CEO. Periodo 2019-2023. (UM: ha)					
Tipos de Bosques	2019	2020	2021	2022	2023
Bosques Naturales	3.260.224	3.286.480	3.286.480	3.283.735	3.283.735
BN Coníferas	95.174	95.679	95.679	96.184	96.184
Bosque latifoliado (h ≥ 5m)	2.743.535	2.765.744	2.765.744	2.760.391	2.760.391
Bosque latifoliado (h entre 2 y 5m)	52.470	52.470	52.470	52.470	52.470
Manglares	369.044	372.587	372.587	374.690	374.690
Plantaciones	165.968	172.317	172.317	174.193	174.193
Pt Coníferas	71.100	72.109	72.109	76.147	76.147
Pt Latifolias	94.868	96.700	96.700	94.506	94.506
TOTAL	3.426.192	3.428.731	3.428.731	3.438.413	3.438.413

Similar a los NERF, para el cálculo de las emisiones por pérdidas se consideraron dos causas fundamentales: los incendios forestales y la extracción de madera (cosecha). La superficie afectada por incendios obtenida mediante CEO no resultó ser significativa. Del total de parcelas la categoría de superficie quemada resultó ser una muestra rara, de modo que los datos obtenidos fueron muy diferentes a los que se reportan en las estadísticas del país. Por tal razón el dato de actividad para este caso se obtuvo de las estadísticas y son las siguientes:

AÑO	Superficie de bosques afectadas por incendios (UM: ha)		
	Total	B. Natural	B. Plantado
2019	1.600	466	1.134
2020	5.951	1.733	4.218
2021	4.336	781	3.555
2022	2.164	963	1.201
2023	14.270	7.367	6.903

Tabla 5: Superficie de bosque afectada por incendios forestales en Cuba. Periodo 2019-2023. (Fuente: Cuerpo de Guardabosques, publicado en anuario estadístico de la ONEI).

Para ser consistentes con lo incluido en los NREF en el caso de las extracciones de madera solo se consideraron las extracciones de madera en bolo (madera para aserrado) y madera rolliza (madera en rollo de uso directo, generalmente de bajas dimensiones). Estos datos también se obtuvieron de las estadísticas del Grupo Empresarial Agro Forestal. De igual forma, similar a lo considerado para los NREF, no se incluyó la madera para combustible (leña).

Tabla 6: Volumen de madera extraída de los bosques en Cuba. Periodo 2019-2023. (Fuente: Grupo Empresarial Agro Forestal).

Años	Madera en Bolos (m³)	Madera Rolliza (m³)	TOTAL (m³)
2019	182.400	110.000	292.400
2020	165.100	115.158	280.258
2021	143.701	85.659	229.360
2022	132.660	96.220	228.880
2023	132.660	96.220	228.880

Como se explica a lo largo de este epígrafe, los procedimientos para la obtención de los datos de actividad correspondientes al periodo de resultados (2019-2023) son los mismos que se utilizaron para los NREF, lo que muestra una total consistencia entre ambos periodos.

Procedimientos de QA/QC.

Tanto para el periodo precedente (2014-2018) que sirve de base al NREF, como para el periodo de resultados (2019-2023) la relación QA/QC es igual. Ambos procesos se desarrollaron mediante las mismas acciones. Obsérvese a continuación:

Para el Aseguramiento de la Calidad (QA) se procuró que los procedimientos diseñados garanticen que los datos, métodos y cálculos utilizados para establecer el NREF, así como los resultados posteriores, sean técnicamente sólidos, transparentes y consistentes. También que, en el marco de las posibilidades reales del país, sean lo más completos y precisos posible.

Previo al desarrollo del proceso de obtención de los datos de actividad se diseñó y documentó un protocolo metodológico (*"Protocolo de Clasificación de Usos de la Tierra y análisis de sus cambios en Collect Earth Online para los Niveles de Referencia de Emisiones Forestales de Cuba"*) cuyos árboles de decisión e imágenes de referencia guiaron el trabajo de fotointerpretación; en el diseño del muestreo se estableció la tolerancia de error aceptable y durante el ejercicio de fotointerpretación se mantuvo una revisión permanente mediante supervisión del trabajo por parte de expertos. También se realizó la comprobación cruzada entre los mismos intérpretes. Además, se aseguró la transparencia facilitando el acceso a la información dejando disponible, como anexos de los informes presentados, los libros de Excel utilizados con toda la información necesaria.

Las acciones realizadas para el Control de la calidad (QC) son enunciadas a continuación:

- a) Revisión al azar de la interpretación individual de cada intérprete por parte del intérprete de mayor experiencia. Esto se realizó durante el propio proceso de interpretación y llenado de las encuestas permitiendo analizar en colectivo las deficiencias observadas para evitar repetición de errores de interpretación;
- b) revisión cruzada entre intérpretes del trabajo realizado; y
- c) elección de un número de parcelas al azar en las que se comprobó, en el terreno, que los resultados de interpretación de la encuesta eran correctos, arrojando un error del 2,7% lo cual indica un alto nivel de confiabilidad en la interpretación.

Cuba es consciente de la importancia que reviste asegurar el trabajo de obtención de datos en el cual la calidad y el control son determinantes. En consecuencia, con lo anterior se logró que esta relación QA/QC fuera efectiva para que el proceso de revisión resultara exitoso asegurando confianza y credibilidad.

7. FACTORES DE EMISIÓN

Los FE utilizados para el periodo de resultados son los mismos que se emplearon en la construcción del NREF, o sea, para el periodo precedente. En la presentación de los niveles de referencia se explica cómo se calcularon los FE ponderados, basándose en los utilizados en el INGEI y ajustándolos a la clasificación de los tipos de bosques

utilizados para el NREF ya que ambas clasificaciones coinciden. Esto garantiza la consistencia metodológica entre el período de referencia (2014-2018) y el período de resultados (2019-2023).

Los factores de emisión/absorción incluyen los reservorios biomasa aérea y subterránea. Otros reservorios (madera muerta, hojarasca y carbono del suelo) no fueron considerados debido a limitaciones de información, tal como se explicó en la presentación del NREF". Las emisiones por incendios forestales fueron calculadas utilizando el nivel 1 con factores por defecto establecidos en las directrices del IPCC Vol. 4, 2006, Capítulo 2. Para el caso de las emisiones por cosecha las emisiones se calcularon mediante la ecuación 2.12 del IPCC Vol. 4, 2006, Capítulo 2, utilizando el factor por defecto establecido para bosques tropicales ($BCEFR = 1,9$). Ver [tablas 6 y 7](#).

Tabla 7: Factores de absorción ponderados para los tipos de bosque analizados con la herramienta Collect Earth. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

Categorías de Área analizadas mediante el proyecto en Collect Earth On line	Crecimiento promedio anual ponderado de toda la biomasa (aérea y soterrada) ($tbm * ha^{-1} * a^{-1}$)	Valor ponderado de la Fracción de C para la materia seca	Absorción anual de CO_2 ($t CO_2 * ha^{-1} * a^{-1}$)
Bosques Naturales Coníferas	2,88	0,4658	4,9
Bosques Naturales Latifoliados (altura $\geq 5m$)	3,55	0,4662	6,1
Bosques Naturales Latifoliados (altura entre 2 y 5 m)	1,05	0,4620	1,8
Manglares	2,40	0,4700	4,1
Plantaciones Coníferas	9,53	0,4738	16,6
Plantaciones Latifoliadas	15,60	0,4723	27,0

Tabla 8: Factores de emisión utilizados para el cálculo de las emisiones por incendios forestales. (Fuente: Calculado mediante la ecuación 2.27 y los valores por defecto establecidos en las Directrices del IPCC, Vol. 4, 2006 para todos los bosques secundarios).

Causa de emisión	GEI	UM	Cantidad
Extracción de madera	CO_2	tCO_2/m^3	3,93
Incendios forestales	CO_2	tCO_2/ha	66,68
	CO	tCO/ha	4,39
	CH_4	tCH_4/ha	0,29
	N_2O	tN_2O/ha	0,01
	NO_x	tNO_x/ha	0,07

8. CALCULO DE EMISIONES DEL PERIODO DE RESULTADOS

En los epígrafes anteriores se explica que los procedimientos de cálculo utilizados para el NREF son los mismos que para el periodo de resultados. En lo adelante se ilustran las ecuaciones utilizadas:

Las ganancias (absorciones) se determinaron utilizando la ecuación 2.9 (*Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*).

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, (tC x año⁻¹)

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, (ha). En este caso se consideró la superficie total de bosques con cobertura de árboles. Es decir, no se incluyeron las superficies que siendo de bosques no tenían, de forma transitoria, cobertura de árboles.

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

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

G_{TOTAL} se calculó para el nivel 2 por la ecuación 2.10 (*Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*):

$$G_{TOTAL} = \sum \{I_V \cdot BCEF_I \cdot (1 + R)\}$$

Donde:

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

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

I_V = incremento anual neto promedio para un tipo de vegetación específica, m³ ha⁻¹ año⁻¹

BCEFI = factor de conversión y expansión de biomasa (ton de biomasa)

Las absorciones de CO2 fueron calculadas multiplicando (ΔC_G) por 44/12.

Las emisiones se calcularon utilizando la ecuación 2.11 (*Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*):

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
DIFFERENCIA DE EXISTENCIAS)

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

Donde:

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 (Cosecha o extracción de madera). En este caso se consideró el volumen total de madera extraída que incluye la madera en bolos (madera para aserrado) y la madera rolliza (madera en rollo de uso directo).

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

¹. Esta no fue calculada debido a la ausencia de estadísticas nacionales confiables.

$L_{perturbación}$ = pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones, ton C año⁻¹ (Otras causas). Se consideró solamente las perturbaciones por incendios forestales. Del resto de las causas no se dispone información.

La pérdida de carbono por remoción de bosque, dígame por extracción de madera, se determinó por la expresión 2.12. (*Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*):

$$\text{ECUACIÓN 2.12}$$

$$\text{PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO EN LA BIOMASA POR REMOCIONES DE BOSQUES}$$

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

Donde:

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

H = remociones anuales de bosques, rollizos, m³ año⁻¹. (Volumen total de madera extraída. Incluye madera en bolos (madera para aserrado) y madera rolliza (madera en rollo de uso directo).

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea

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

$BCEF_R$ = 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.

La pérdida de C por el fuego se determinó mediante la ecuación 2.27 (*Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*):

$$\text{ECUACIÓN 2.27}$$

$$\text{ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO A CAUSA DEL FUEGO}$$

$$L_{fuego} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{ef} \cdot 10^{-3}$$

Donde:

L_{fuego} = cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por el fuego, ton de cada GEI (CO₂, CO, CH₄, N₂O, NO_x).

A = superficie quemada, ha

M_B = masa de combustible disponible para la combustión, ton ha⁻¹. Incluye biomasa, hojarasca molida y madera muerta.

C_f = factor de combustión.

G_{ef} = Factor de emisión, g kg⁻¹ de materia seca quemada.

Para todos los procedimientos de cálculo, los datos correspondientes a cada variable fueron mostrados en los epígrafes 5.1 y 5.2; en las tablas 6, 8, 10 y 11 para los datos de actividad y tablas 15 y 16 para los factores de emisión.

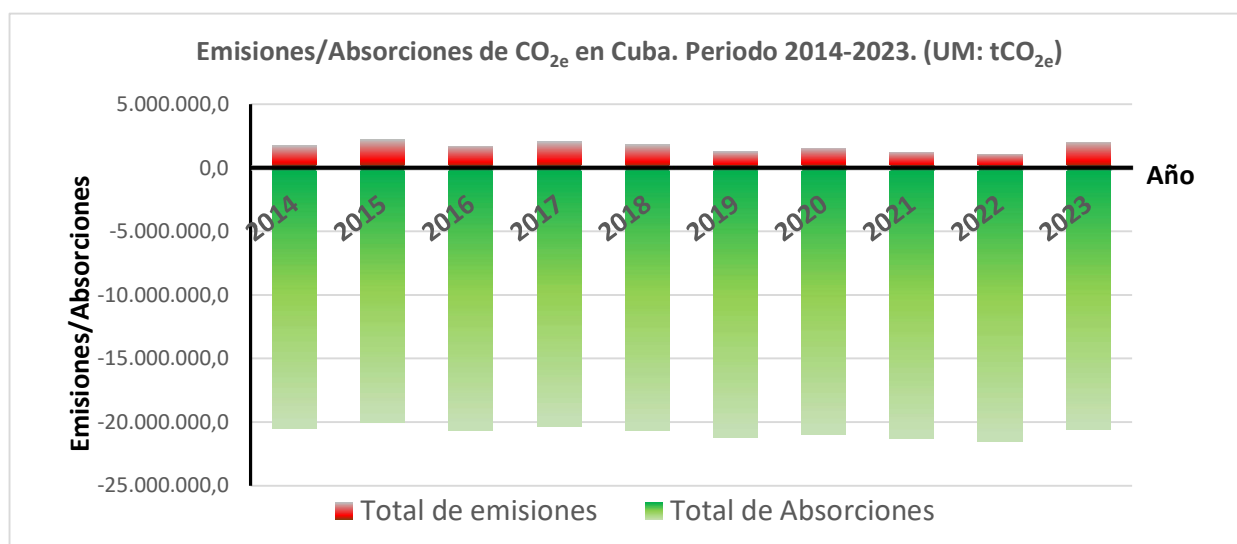
En las **tablas 9 y 10 (anexos 1 y 2)** se muestran los resultados del cálculo de las absorciones y emisiones brutas obtenidas en el periodo 2019-2023. Los resultados del balance de emisiones se muestran en la **tabla 11, gráfico 4**.

Tabla 11: Balance de emisiones. Periodo 2019-2023. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

Años	Absorciones Brutas	Emisiones por incendios	Emisiones por extracción de madera	Total de emisiones	Absorciones netas
	(tCO _{2e})	(tCO _{2e})	(tCO _{2e})	(tCO _{2e})	(tCO _{2e})
2019	-22.461.705,8	123.116,0	1.148.898,1	1.272.014,0	-21.189.691,7
2020	-22.519.233,0	457.914,5	1.101.189,7	1.559.104,2	-20.960.128,8
2021	-22.519.233,0	333.644,3	901.201,3	1.234.845,6	-21.284.387,4
2022	-22.569.184,4	166.514,3	899.315,3	1.065.829,6	-21.503.354,8
2023	-22.569.184,4	1.098.040,5	899.315,3	1.997.355,8	-20.571.828,6
Total	-112.638.540,5	2.179.229,6	4.949.919,7	7.129.149,3	-105.509.391,2

Nota: En el cálculo del CO_{2e} no se incluyó el valor de las emisiones de los precursores de GEI (CO y Nox)

Gráfico 4: Balance de emisiones de CO_{2eq} en Cuba. Periodo 2019-2023. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).



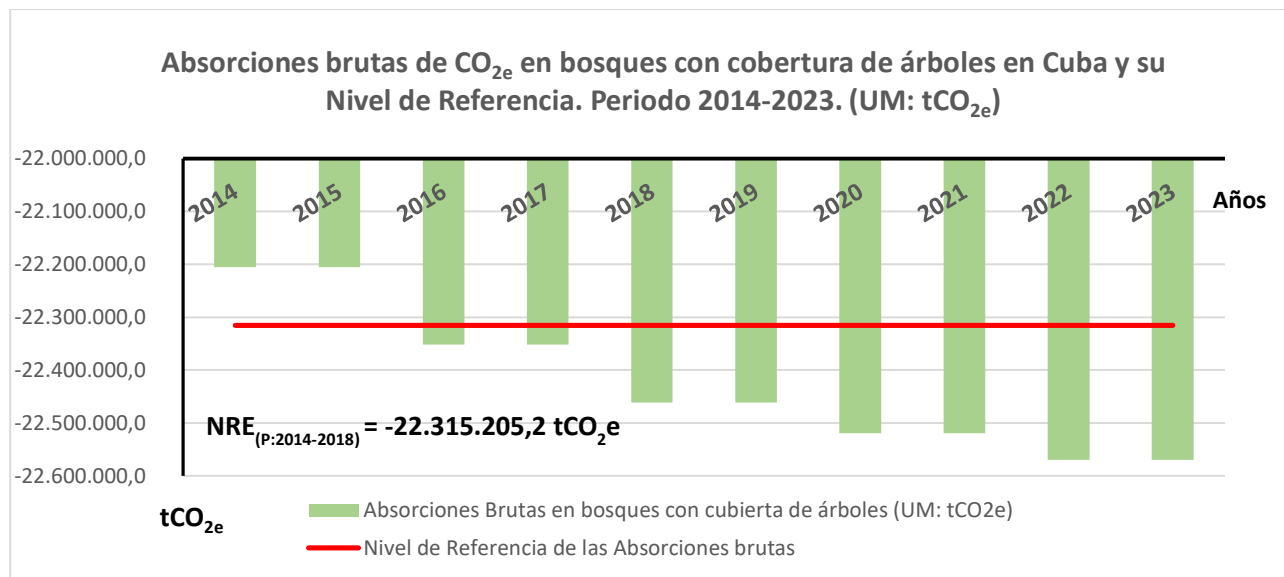
Los resultados muestran que el sector forestal de Cuba mantiene un balance neto de absorciones durante todo el periodo 2019–2023, con valores superiores al nivel de referencia establecido para el periodo 2014–2018.

9. RESULTADOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

En sentido general puede afirmarse que los resultados obtenidos en el periodo 2019-2023 con respecto al periodo precedente 2014-2018 son positivos. Al respecto pueden plantearse tres conclusiones importantes:

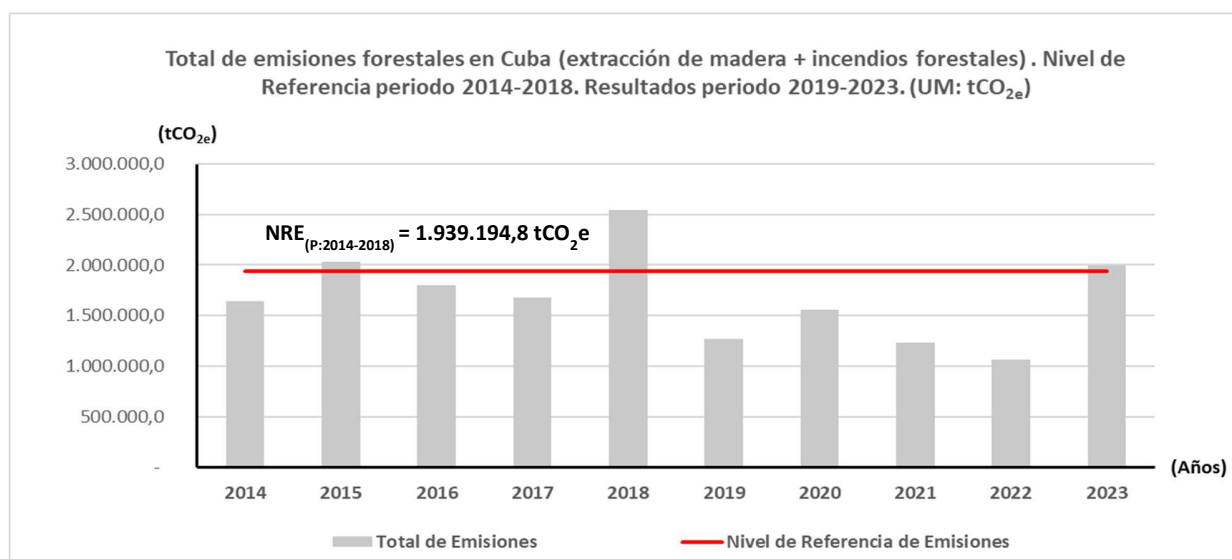
1. Las absorciones de CO_{2e} en bosques con cobertura de árboles durante el periodo de resultados (2019–2023) muestran un incremento respecto al periodo de referencia (2014–2018). En el periodo de resultados se obtienen **-1.062.514,5 tCO_{2e}** más que en el periodo anterior (2014-2018). Con respecto al nivel de referencia obtenido para esta categoría de área (**- 22.315.205,2 tCO_{2e}**) se muestran diferencias favorables en todos los años, con un valor promedio anual de **- 212.502,9 tCO_{2e}**. **Ver gráfico 5.**

Gráfico 5: Comportamiento de las absorciones brutas en la superficie de bosques con cubierta de árboles en Cuba. Periodo 2014-2023. Comparación del periodo de resultados (2019-2023) con el NREF determinado para el periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).



2. Las emisiones de CO_{2e} obtenidas por extracción de madera e incendios forestales (emisiones totales) se reducen de un periodo respecto a otro en **2.566.639,9 tCO_{2e}**. Este resultado en reducción de emisiones también es positivo para casi todos los años del periodo de resultado. Solo en el 2023 se superaron las emisiones con respecto al nivel de referencia en **58.161,3 tCO_{2e}** debido al incremento de incendios forestales en ese año. [Ver Gráfico 6.](#)

Gráfico 6: Comportamiento de las absorciones brutas en la superficie de bosques con cubierta de árboles en Cuba. Periodo 2014-2023. Comparación del periodo de resultados (2019-2023) con el NREF determinado para el periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).



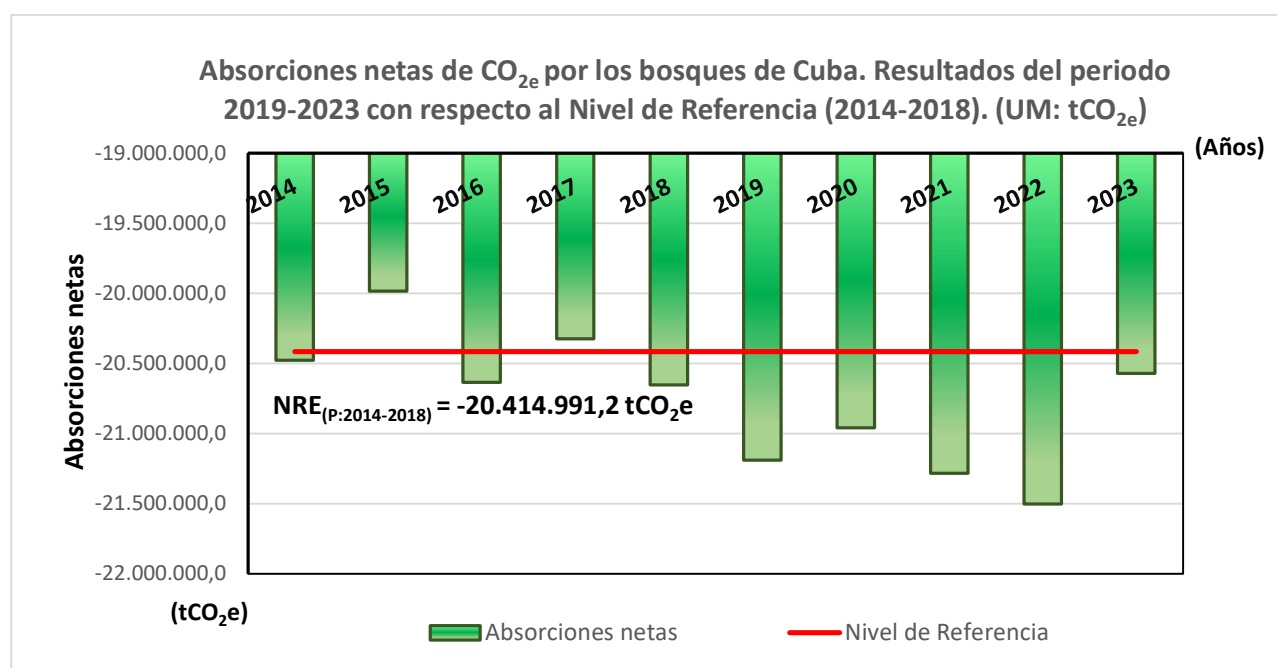
3. Las absorciones netas también tienen un resultado favorable. En la [tabla 11](#) se muestra la comparación de las absorciones netas por año con respecto al NREF.

Tabla 12: Resultado de las absorciones netas de CO_{2e} con respecto al NREF de Cuba. Periodo 2019-2023. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag). Nota: El total del periodo de referencia resulta de la suma del valor de las absorciones netas de cada año del periodo 2014-2018.

Años	Absorciones netas (2019-2023)	NREF (2014-2018)	Diferencia
	(tCO _{2e})	(tCO _{2e})	(tCO _{2e})
2019	-21.189.637,9	-20.414.991,2	-774.646,6
2020	-20.960.059,5		-545.068,3
2021	-21.284.395,1		-869.403,8
2022	-21.503.354,8		-1.088.363,5
2023	-20.571.759,3		-156.768,1
Total Periodo	-105.509.206,5	-102.074.956,2	-3.434.250,3

En el periodo de referencia la absorción neta total fue de **-102.074.956,2 tCO_{2e}**. En el periodo de resultados fue de **-105.509.206,5 tCO_{2e}**, por tanto, la diferencia entre ambos periodos es de **-3.434.250,3 tCO_{2e}**, lo que significa un crecimiento de las absorciones netas. En cada año el valor de absorciones netas también creció con respecto al NREF. Dichos resultados son absolutamente positivos. [Ver Gráfico 7.](#)

Gráfico 7: Absorciones forestales netas de CO_{2e} en Cuba comparadas con el NREF. Periodo 2014-2023. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).



10. ESTIMACION DE LA INCERTIDUMBRE EN EL PERIODO DE RESULTADOS

Como parte de las acciones realizadas en función de mejorar el cálculo de la incertidumbre asociada a las emisiones forestales, teniendo en cuenta las sugerencias reflejadas en la evaluación técnica del NREF, Cuba logró, en una etapa inicial de trabajo calcular la incertidumbre en los datos de actividad obtenidos mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales y mantiene este aspecto como un área de futuras mejoras, debiendo avanzar en otras direcciones de trabajo en este sentido y para lo cual requiere asesoría técnica para la formación de capacidades. A continuación, se describen los procedimientos y resultados:

10.1 Cálculo de la incertidumbre en los datos de actividad derivados del proyecto de interpretación visual en Collect Earth Online – Cuba

La evaluación de la incertidumbre asociada a los datos de actividad para calcular el Nivel de Referencia de Emisiones Forestales se realizó a partir de la base de datos generada como resultado de la interpretación visual utilizando la plataforma Collect Earth Online.

Para cada año se estimaron las proporciones de la superficie correspondientes a los principales grupos de clases de cambio de uso del suelo, específicamente a:

- Bosque
- No bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque

Las proporciones de área se estimaron basándose en las muestras sistemáticas de puntos de interpretación. A partir de las proporciones de área estimadas para cada clase y cada año, se calcularon los errores estándar y los intervalos de confianza correspondientes.

Siguiendo las buenas prácticas para la estimación de áreas y evaluación de la exactitud de los mapas de cobertura terrestre recomendado por Olofsson (2014), la incertidumbre se expresó en términos de error relativo calculado para cada clase en función del intervalo de confianza de estimación.

La estimación de la incertidumbre se realizó siguiendo las Directrices del IPCC para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (IPCC, 2006), específicamente el Método 1 basado en la propagación del error descrito en el Capítulo 3 del Volumen 1. Según el IPCC, “el análisis del Método 1 estima las incertidumbres mediante la ecuación de propagación del error en dos pasos”, combinando las incertidumbres asociadas a los datos de actividad y a los factores de emisión para estimar la incertidumbre total del inventario.

En este enfoque, la incertidumbre se expresa normalmente en términos porcentuales. El IPCC define que “ U_{total} = el porcentaje de incertidumbre del producto de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza del 95 por ciento, dividido por el total y expresado como porcentaje)”.

De esta forma, el intervalo de confianza del 95 % permite identificar el rango dentro del cual se espera que se encuentre el valor real de la estimación, ya que “el intervalo de probabilidad del 95 % como un porcentaje relativo a la media lo da el intervalo que va desde U_{baja} a U_{alta} ” (IPCC, 2006).

En este contexto, Olofsson (2014) remarcan que *“area estimates derived directly from a map are generally biased because classification errors are not accounted for”*, por lo que estiman conveniente utilizar las muestras independientes de referencia para estimar el error de estimación y calcular los intervalos de confianza de las mismas.

En el presente análisis, el error relativo (U%) se estimó como la mitad del ancho del intervalo de confianza dividido por el valor estimado de la proporción de área correspondiente a cada clase. Este procedimiento permite cuantificar explícitamente el rango dentro del cual se encuentra el valor real del área estimada.

Este procedimiento es consistente con el Método 1 del IPCC para la cuantificación de incertidumbre, el cual establece que la incertidumbre asociada a los datos de actividad puede expresarse como un porcentaje relativo (U%) que representa el rango dentro del cual se espera que se encuentre el valor real de la variable estimada (IPCC, 2006).

Según Olofsson (2014), *“confidence intervals provide a measure of the uncertainty associated with the estimated area and indicate the range within which the true value is likely to fall”*. Por lo tanto, el cálculo de los intervalos de confianza permite determinar los límites inferior y superior de los valores estimados de área anuales.

Resumen de incertidumbre por clase de cobertura y cambio

Como parte del análisis de incertidumbre se estimó el error relativo asociado a cada una de las clases analizadas. La Tabla 1 resume los valores promedio de incertidumbre obtenidos para cada clase.

Tabla 1. Error relativo promedio (U%) asociado a las clases de cobertura y cambio derivadas de Collect Earth Online.

Categoría de cambio	Descripción	Incetidumbre relativa (U%)
BE	Bosque estable	4.03 %
NBE	No bosque estable	1.91 %
GAN	Ganancia de bosque	72.87 %
PER	Pérdida de bosque	89.81 %

Los resultados indican que las clases de no bosque y bosque presentan relativamente pequeñas cifras de incertidumbre, con errores menores del 3–4 %. Esto explica que la proporción de estas clases es alta y estas clases se representan adecuadamente en la muestra de puntos.

Por otro lado, los valores de incertidumbre para las clases de ganancia y pérdida de bosques son bastante altos y pueden llegar a superar el 70% en el caso de la ganancia y a aproximarse al 90% en el caso de pérdida en algunos años.

Según Olofsson (2014), *“rare classes or change classes often have large uncertainties because the sample size available for those classes is small”*. En este caso, las áreas de cambio representan una proporción relativamente pequeña del territorio, lo que implica que el número de observaciones disponibles para estimar sus proporciones es limitado, generando intervalos de confianza más amplios.

Desde la perspectiva de las directrices del IPCC, este tipo de comportamiento es consistente con las fuentes comunes de incertidumbre asociadas a los datos utilizados en los inventarios de gases de efecto invernadero. El IPCC señala que la incertidumbre puede originarse, entre otros factores, por la “falta de representatividad de los datos”, cuando las condiciones asociadas a los datos disponibles no reflejan completamente las condiciones reales del fenómeno analizado. Asimismo, el IPCC indica que el error de muestreo aleatorio estadístico depende del tamaño de la muestra y de la variabilidad de la población analizada, por lo que puede reducirse mediante el incremento del número de muestras independientes (IPCC, 2006).

Es importante resaltar que el muestreo aplicado se realiza en la forma de una malla de puntos sistemáticos sobre todo el territorio y era diseñado principalmente para evaluar la distribución de clases de cobertura terrestre, pero no especialmente para registrar los procesos de cambio. En este sentido, la cantidad de puntos de muestreo utilizados para la estimación de área de ganancia y pérdida de bosques es relativamente baja.

Sin embargo, la utilización del acercamiento basado en el cálculo de intervalos de confianza es el paso significativo en la dirección de mayor robustez del método utilizado. El punto es que la identificación del intervalo permite identificar la amplitud de fluctuación del valor de la proporción de área anual para cada clase. Según

Olofsson (2014), *“reporting confidence intervals for area estimates is essential for transparent and scientifically sound reporting of land change estimates”*.

10.2 Mejora futura del SNMF sobre la estimación de incertidumbre

Dentro del marco del continuo proceso de mejora del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal de Cuba, se planea aplicar en futuros trabajos metodológicos dos estrategias fundamentales con el fin de disminuir la incertidumbre en las estimaciones de áreas de cambios de bosques:

- Intensificación del muestreo en áreas donde se registraron cambios de cobertura
- Utilización de métodos de post-stratificación

Estas medidas se basan en las recomendaciones de Olofsson (2014) que menciona que, *“stratified sampling and post-stratification approaches can substantially improve the precision of area estimates derived from map validation samples”*.

La implementación progresiva de estas mejoras permitirá fortalecer la precisión de los datos de actividad utilizados en el cálculo del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales y contribuirá a mejorar la robustez metodológica de los futuros reportes de resultados REDD+ de Cuba.

11. INFORMACION PARA LA RECONSTRUCCION DE RESULTADOS

A continuación, se muestra la lista de documentos que contienen la información utilizada en la reconstrucción de los resultados. Los mismos se adjuntan en formato digital en carpeta anexa y se ubican en el sitio Web del Ministerio de la Agricultura de Cuba ([Agricultura y FAO / Ministerio de la Agricultura de Cuba](#)).

1. *“Protocolo de Clasificación de Usos de la Tierra y análisis de sus cambios en Collect Earth Online para los Niveles de Referencia de Emisiones Forestales de Cuba”*. (Documento en PDF).
2. Imágenes con la ubicación de las parcelas de muestreo por regiones de estudio.
3. Datos de actividad sobre superficie por categorías de uso de la tierra y tipo de cobertura obtenidos mediante el proyecto en Collect Earth On line.
4. Factores de emisión utilizados en el cálculo del NREF y en las emisiones/absorciones del periodo de resultados.
5. Tablas de cálculo de las emisiones/absorciones con sus respectivos gráficos, tanto para el NREF como para el periodo de resultados.
6. Tablas de cálculo de la incertidumbre determinada para el NREF.

12. PLAN DE MEJORAS A FUTURO

De alguna manera las 12 acciones asumidas por Cuba (ver numerales de las págs. 11 y 12) ante las sugerencias realizadas como resultado de la evaluación técnica a los NREF constituyen medidas en sí del plan de mejoras a futuro. De forma particular o incluidas en las acciones generales que se plantean en lo delante de este epígrafe su solución contribuye de manera efectiva al perfeccionamiento del proceso de cálculo de las emisiones forestales, ya sea en la determinación periódica de NREF como de resultados respecto a ellos.

Las acciones de mejoras a futuro que aquí se expresan en su implementación requieren de acciones más específicas. Todas definen como prioridad; perfeccionar el refinamiento, consistencia, transparencia y completamiento de los (datos/información) para próximos reportes de resultados de REDD+, en tanto se

perfecciona el sistema para la obtención y cálculo de las emisiones que se contabilizan en el INGEI. En este sentido se proponen como acciones fundamentales las siguientes:

- 1) Realizar el Inventario Forestal Nacional como principal acción del sistema nacional de monitoreo forestal, con ello implementar una red de parcelas permanentes de medición forestal y sistematizar su realización periódica para mantener la actualización de la información necesaria incluyendo, con especial énfasis, los factores de emisión propios que se determinen entre los que se incorporen los valores predeterminados de la relación raíz/tallo.
- 2) Avanzar en el empleo de las técnicas de fotointerpretación y el uso de los SIG en la evaluación de áreas y los cambios que se producen en ellas aplicando las herramientas más novedosas como parte de la mejora continua de los métodos de evaluación. Como resultado conformar una base de datos de interpretación de imágenes satelitales (CEO) por año de referencia, incluyendo las parcelas sin cambios.
- 3) Trabajar en la creación y fortalecimiento de capacidades en función de las acciones de enfrentamiento al cambio climático en sentido general y de manera particular en las que permitan perfeccionar el control, evaluación y análisis de las emisiones de GEI, fundamentalmente en las acciones que se incluyen en el mecanismo REDD+. Este es un proceso continuo.
- 4) Generalizar el monitoreo de las perturbaciones evaluando sus impactos sobre las emisiones/absorciones de manera diferenciada según los tipos de bosques existentes; esto implica extender en todo el país la aplicación de la metodología de evaluación de la degradación forestal, lo que requiere de un proceso previo de preparación de las personas involucradas en el monitoreo forestal.
- 5) Incorporar al INGEI y en los futuros reportes de resultados para REDD+ los datos de actividad y reservorios de CO₂ que hasta el momento no se contabilizan.

Estas y otras acciones están incluidas en el plan de mejoras presentadas en el NREF de Cuba correspondiente al periodo 2014-2018. Es importante destacar, que, en su mayoría, el desarrollo de estas acciones depende de apoyo financiero externo, tal y como se expresa en la CND propuesta por el país. De accederse al pago por resultados de REDD+ las prioridades de financiamiento estarían centradas en crear las capacidades necesarias para asegurar el cumplimiento de las mismas.

Las acciones de mejora propuestas están alineadas con los objetivos de las decisiones de la CMNUCC y buscan el cumplimiento estricto de las directrices IPCC. Si bien en la contabilidad de los GEI del sector Silvicultura en Cuba el cálculo de las emisiones se ha estado realizando sobre la base de datos de actividad tomados de las estadísticas nacionales, el empleo reciente de las técnicas de la fotointerpretación demostró que el país ha sido muy conservador en sus estimaciones. Avanzar en el cumplimiento de éstas no solo es necesario, sino que también asegura una alineación continua con las decisiones de la CMNUCC y las directrices del IPCC, subrayando el compromiso de Cuba en la lucha contra la deforestación, el manejo forestal sostenible y el aumento en las existencias de carbono.

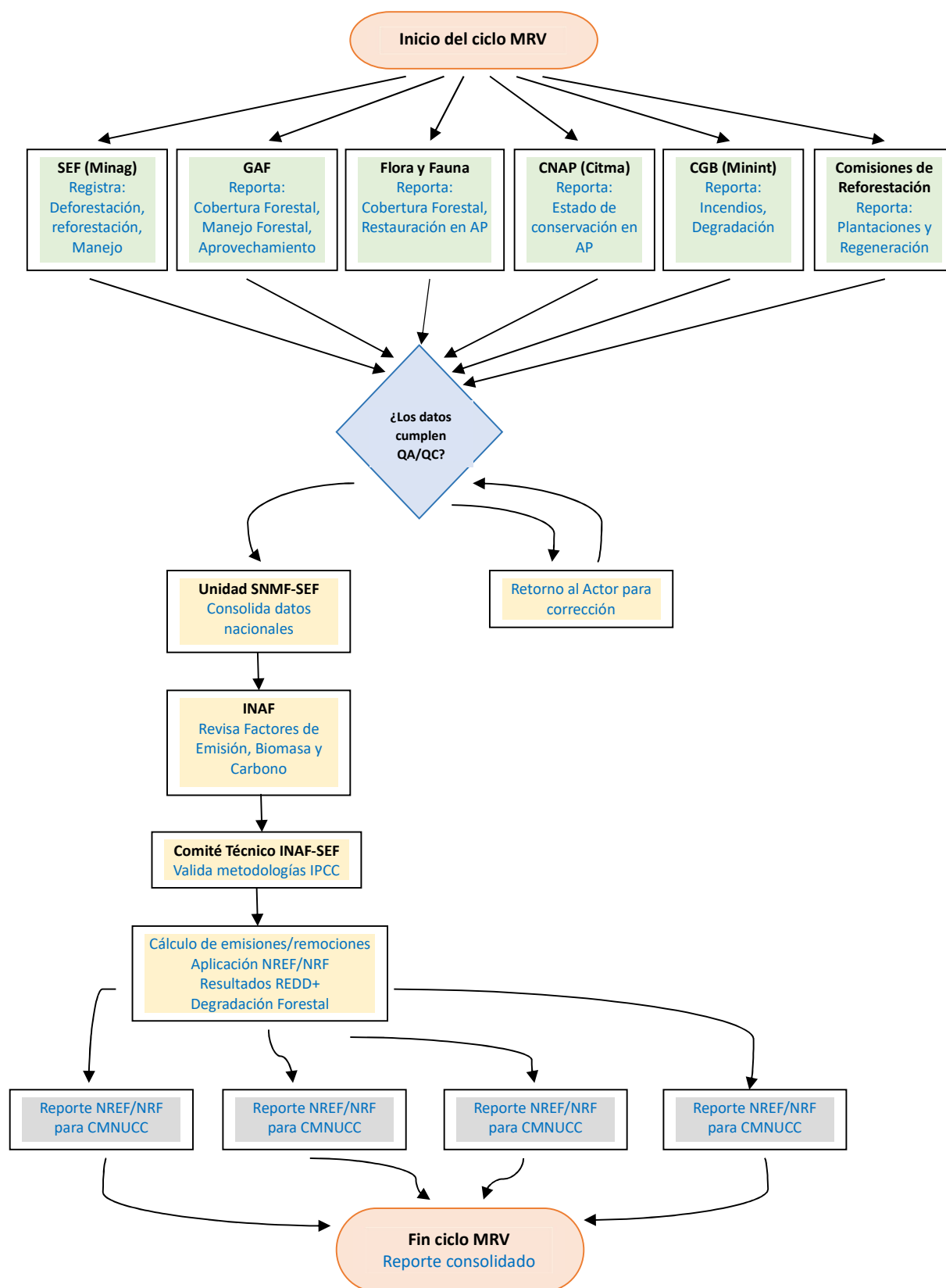
BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A. 2018. La Adaptación Agraria al Cambio Climático: Una herramienta de trabajo para los gobiernos municipales. Inst. Investig. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 303 p.
- Álvarez, A. F. y col. 2017. Impactos y adaptación al cambio climático en el Sector Forestal Cubano. Sexta aproximación. Inst. Inv. Agro-Forestales, Grupo Empresarial Agroforestal. La Habana, Cuba. 360 p.
- Álvarez, A. y D. Vargas. 2014. Las emisiones de gases de efecto invernadero y su mitigación por el sector agrario. Inst. Nacional de Ciencias Agrícolas. Mayabeque, Cuba. 52 p.
- Álvarez, A., A. Mercadet y col. 2011. El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. Inst. Investig. Agro-Forestales, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba. 248 p.
- ANPP-Asamblea Nacional del Poder Popular. 1998. Ley 85/1998 “Ley Forestal”. ANPP, La Habana, Cuba. 17 p.
- Bisse, J. 1988. Árboles de Cuba. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. 384 p.
- Bockel, L.; U. Grever, Ch. Fernández and M. Bernoux. 2012. Ex Act User Manual. Estimating and Targeting Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture. FAO, IRD and World Bank. Rome, Italy. 134 p.
- CITMA – Min. Ciencia, Tecnología y M. Ambiente. 2017. Enfrentamiento al cambio climático en la República de Cuba. CITMA. La Habana, Cuba. 43 p.
- CITMA – Min. Ciencia, Tecnología y M. Ambiente. 2020. Estrategia Ambiental Nacional 2021-2025. CITMA. La Habana, Cuba. 44 p.
- CITMA-Min. Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. 2024. Programa Nacional para la Diversidad Biológica. Cuba – Diversidad Biológica con miras al 2030. CITMA. La Habana, Cuba. 30 p.
- Dir. Forestal – GAF. 2024. Contribución de información para el inventario de emisiones 2023 del Sector Forestal. Grupo Empresarial Agroforestal. (digital).
- Dirección General de Cambio Climático y Desertificación, Ministerio del Ambiente. NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES POR DEFORESTACIÓN BRUTA DEL PERÚ EN EL BIOMA AMAZÓNICO. (Documento preliminar para revisión). Lima, Perú. Febrero 2021. 120 p.
- Dirección General de Gestión y Desarrollo Forestal, Ministerio del Medio Ambiente y Agua. Nivel de Referencia de Emisiones Forestales por la Deforestación del Estado Plurinacional de Bolivia”. Versión 1.0, 23 de enero 2023. 39 p.
- DSEF–Dir. Servicio Estatal Forestal. 2024a. Dinámica Forestal: 2023. Min. Agricultura, La Habana, Cuba. (en soporte digital).
- DSEF–Dir. Servicio Estatal Forestal. 2024b. Informe de seguimiento a la Contribución Nacionalmente Determinada: “Incremento de la cobertura forestal del país hasta 33 % en el año 2030”. Min. Agricultura, La Habana, Cuba. 6 p.
- FAO. “Fortalecimiento de los sistemas nacionales de monitoreo de los bosques para REDD+” (Versión Digital). Roma 2018. 48 p.
- Garea, B. y A. Curbelo. 2013. La Transferencia de Tecnología y el Cambio Climático. Agencia de Medio Ambiente. La Habana, Cuba. 109 p.
- GOFC-GOLD. (2021). A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals associated with deforestation, gains and degradation.
- Gómez, R. et al. 1973. Clasificación de los bosques de Cuba por la importancia de las especies de árboles. Cuba, Revista Forestal Baracoa 6 (3-4): 27-36.
- INAF. 2024. “Informe Técnico de Resultado, Sector Forestal, Proyecto: Los Beneficios económicos y ambientales de la diversidad biológica en Cuba en apoyo a la toma de decisiones en sectores y paisajes productivos (Ecovalor)”. (Versión Digital). 53 p.

- INAF-GAF. 2019. Sistema de Medición, Reporte, Monitoreo y Evaluación (MRMV): Reporte 2019. Inst. Investig. Agro-Forestales. La Habana, Cuba. 51 p.
- IPCC-International Panel on Climate Change. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón. Vol. 4. Cap. 4. 93 p.
- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006). Volume 1: General Guidance and Reporting. Chapter 3: Uncertainties
- IPCC. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volumen 4, Capítulo 2 (Métodos generales y reporte de incertidumbre).
- Kirschbaum, M. and A. Fischlin. 1996. Climate Change. Impacts on Forests. IN: Climate Change 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Editors: J. J. Houghton, L. G. Meiro Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell. University of Cambridge, New York, USA. 891 p.
- Llanes, J., J. Somoza y Y. Betancourt. 2017. Mitigación. Experiencia en Cuba del cambio climático. Univ. La Habana, La Habana, Cuba. 294 p.
- Mercadet, A. et al. 2012. Estimación de los incrementos medios anuales de volumen de madera en plantaciones de cinco especies. Informe Técnico. Proy. *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático: Sector Forestal*; Prog. *Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación Y Adaptación*. Inst. Invest. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 6 p.
- Mercadet, A.; A. Álvarez y A. Ajete. 2020. La Mitigación del Cambio Climático por el Sector Forestal Cubano. Inst. Investig. Agro-Forestales. La Habana, Cuba. 248 pp.
- Mercadet, A.; A. Álvarez, A. Escarré y O. Ortiz. 2011. Coeficientes de carbono y nitrógeno en la madera y corteza de especies forestales arbóreas cubanas [en línea]. http://bva.fao.cu/pub_doc/Reposit/cuf0337s.pdf
- Mercadet Portillo, A., A. Álvarez Brito, A. Ajete Hernández, W. Toirac Argüelle; Y. Peña Guerra; A. M^a Peñalver Jaime; Y. Miñoso Bonilla, M. Morales Lezcano y J. L. Figueredo Fernández. 2024. Proyecto *Ecovalor: Sector Forestal*. Informe Final. Inst. Investig. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 54 p.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia. Propuesta del nivel de referencia de las emisiones de Colombia para el periodo 2023-2027 como mecanismo para optar al pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC. Bogotá DC, enero 2024. 87 p.
- Olofsson, P., Foody, G., Stehman, S., & Woodcock, C. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, 42–57.
- Ortega, F., L. Fernández y A. Volpedo, 2009. Efectos de los cambios globales sobre el ciclo de carbono. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. La Habana, Cuba. 146 p.
- Planos, E., R. Rivera y V. Guevara. 2013. Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. Agencia de Medio Ambiente. La Habana, Cuba. 430 p.
- República de Cuba. 2001. Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. La Habana, Cuba. 166 p.
- República de Cuba. 2015a. Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. La Habana, Cuba. 228 p.
- República de Cuba. 2015b. Primera Contribución Nacionalmente Determinada. La Habana, Cuba. 20 p.
- República de Cuba. 2020a. Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. La Habana, Cuba. 402 p.

- República de Cuba. 2020b. Primer Informe Bienal de Actualización a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. La Habana, Cuba. 242 p.
- República de Cuba. 2020c. Primera Contribución Nacionalmente Determinada (actualizada). La Habana, Cuba. 38 p.
- República de Cuba. 2022. Ley 150/2022 “Del Sistema de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente”. Gaceta Oficial Nº 87. La Habana, Cuba. p. 2091-2140.
- República de Cuba. 2023. Decreto 86 “Del Enfrentamiento al Cambio Climático”. Gaceta Oficial Nº 87. La Habana, Cuba. p. 2179-2193.
- República de Cuba. 2024. Primer Documento de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2022 y Primer Informe Bienal de Transparencia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. La Habana, Cuba. 513 p.

Anexo 1. Diagrama de flujo para MRV del SNMF de la República de Cuba



Anexo 2

Tabla 9: Absorciones de CO₂e por año en la superficie total de bosque con cobertura de árboles en Cuba. Periodo 2019-2023. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

Categorías de Área	Factor de emisión ponderado (tCO ₂ e*ha ⁻¹ *a ⁻¹)	2019		2020		2021		2022		2023	
		Superficie	Remoción anual	Superficie	Remoción anual	Superficie	Remoción anual	Superficie	Remoción anual	Superficie	Remoción anual
		(ha)	(t CO ₂ e)	(ha)	(t CO ₂ e)	(ha)	(t CO ₂ e)	(ha)	(t CO ₂ e)	(ha)	(t CO ₂ e)
TOTAL		3.426.191,70	-22.461.705,79	3.428.730,80	-22.519.232,95	3.428.730,80	-22.519.232,95	3.438.413,30	-22.569.184,41	3.438.413,30	-22.569.184,41
Bosques Naturales		3.260.223,90	-18.722.272,70	3.259.921,70	-18.713.613,42	3.259.921,70	-18.713.613,42	3.267.760,00	-18.755.930,83	3.267.760,00	-18.755.930,83
BN Coníferas	-4,9	95.174,4	-468.148,4	95.174,4	-468.148,4	95.174,4	-468.148,4	96.184,0	-473.114,5	96.184,0	-473.114,5
Bosque latifoliado (h≥5m)	-6,1	2.743.534,8	-16.634.648,0	2.739.690,2	-16.611.337,4	2.739.690,2	-16.611.337,4	2.744.416,1	-16.639.991,5	2.744.416,1	-16.639.991,5
Bosque latifoliado (h > 2y < 5m)	-1,8	52.470,4	-93.109,0	52.470,4	-93.109,0	52.470,4	-93.109,0	52.470,4	-93.109,0	52.470,4	-93.109,0
Manglares	-4,1	369.044,3	-1.526.367,2	372.586,7	-1.541.018,6	372.586,7	-1.541.018,6	374.689,5	-1.549.715,8	374.689,5	-1.549.715,8
Plantaciones		165.967,8	-3.739.433,1	168.809,1	-3.805.619,5	168.809,1	-3.805.619,5	170.653,3	-3.813.253,6	170.653,3	-3.813.253,6
Pt Coníferas	-16,6	71.099,8	-1.177.561,9	72.109,3	-1.194.281,3	72.109,3	-1.194.281,3	76.147,4	-1.261.160,7	76.147,4	-1.261.160,7
Pt Latifolias	-27,0	94.868,0	-2.561.871,2	96.699,8	-2.611.338,2	96.699,8	-2.611.338,2	94.505,9	-2.552.092,9	94.505,9	-2.552.092,9

Anexo 3

Tabla 10 · Emisiones de CO ₂ e por extracción de madera e incendios forestales en Cuba. Periodo 2019-2023.												
(Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).												
Años	Emisiones por extracción de madera	Emisiones por incendios forestales										TOTAL DE EMISIONES CO ₂ e
		GEI (Cantidades y equivalencias a CO _{2e})						Total emisiones GEI	Emisiones Precursores GEI			
		CO ₂	CH ₄ (1 tCH ₄ = 28 tCO ₂)	N ₂ O (1 tN ₂ O = 265 tCO ₂)	N ₂ O (1 tN ₂ O = 265 tCO ₂)		CO		NOx			
					(tCO ₂)	(tCH ₄)				(tCO _{2e})	(tN ₂ O)	
2019	1.148.898,1	106.728,3	459,3	12.861,4	13,51	3.580,1	123.169,8	7,0	0,1	1.272.067,9		
2020	1.101.189,7	396.848,9	1.708,0	47.822,8	50,23	13.312,0	457.983,7	26,1	0,4	1.559.173,4		
2021	901.201,3	289.100,5	1.244,2	34.838,4	36,59	9.697,7	333.636,6	19,0	0,3	1.234.837,9		
2022	899.315,3	144.286,9	621,0	17.387,5	18,26	4.840,0	166.514,3	9,5	0,1	1.065.829,6		
2023	899.315,3	951.526,5	4.095,2	114.665,0	120,45	31.918,3	1.098.109,8	46,7	0,7	1.997.425,1		
Total	4.949.919,7	1.888.491,0	8.127,7	227.575,1	239,0	63.348,1	2.179.414,3	108,3	1,6	7.129.334,0		