



NIVELES DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES. PERIODO 2014-2018

REPÚBLICA DE CUBA

VERSION PRELIMINAR PARA REVISIÓN

JULIO DE 2025



COLECTIVO DE AUTORES
MINISTERIO DE LA AGRICULTURA
Dirección del Servicio Estatal Forestal



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.

La Habana, 28 de julio de 2025
"Año 67 de la Revolución"



Contenido

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES | 2 |
| 2.1 Geografía, Clima y Vegetación | 2 |
| 2.1.1 Geografía | 2 |
| 2.1.2 Clima | 2 |
| 2.1.3 Vegetación | 3 |
| 2.2 Marco Normativo y Legal Forestal | 7 |
| 2.3 Políticas de cambio climático | 9 |
| 3. ESCALA Y ALCANCE, ACTIVIDADES, DEPOSITOS DE CARBONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO | 10 |
| 3.1 Escala y alcance | 10 |
| 3.2 Actividades REDD+ | 11 |
| 3.3 Depósitos de Carbono | 11 |
| 3.4 Gases de efecto invernadero | 11 |
| 4. DEFINICIÓN DE BOSQUE | 12 |
| 5. INFORMACION USADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS NREF | 13 |
| 5.1 Datos de actividad (Metodologías y Resultados) | 13 |
| 5.1.1 Diseño de muestreo | 14 |
| 5.1.2 Proyecto en CEO | 15 |
| 5.1.3 Cálculo de superficies | 17 |
| 5.2 Factores de emisión | 24 |
| 5.2.1 Factores de emisión usados en el INGEI | 24 |
| 5.2.2 Factores de emisión usados en los niveles de referencia de emisiones forestales (NREF) | 26 |
| 6. NIVELES DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES | 29 |
| 6.1 Absorciones | 32 |
| 6.1.1 En bosque estable con árboles | 32 |
| 6.1.2 En la superficie total de bosque con árboles | 33 |
| 6.2 Emisiones | 34 |
| 6.2.1 Total de emisiones (remoción de bosques + afectaciones por incendios) | 34 |
| 6.3 Balance neto de emisiones | 36 |
| 7. COMPLETITUD, TRANSPARENCIA, CONSISTENCIA Y PRECISIÓN DE LA INFORMACIÓN | 37 |
| 7.1 Información completa y transparente | 37 |
| 7.2 Consistencia con el INGEI | 37 |



Niveles de Referencia de Emisiones Forestales. República de Cuba. 2014-2018

| | |
|---|----|
| 7.3 Precisión de la información (control de la calidad e incertidumbre asociada) | 39 |
| 7.3.1 Control de la calidad | 39 |
| 7.3.2 Incertidumbre | 40 |
| 8. FUTURAS MEJORAS PARA EL DESARROLLO DE LA INFORMACIÓN | 42 |
| BIBLIOGRAFÍA | 44 |



ACRÓNIMOS

| | |
|----------------|--|
| CEO | Collect Earth Online (CEO) |
| COP | Conferencia de las Partes |
| CMNUCC | Convención Marco de Naciones Unidas Para el Cambio Climático |
| DSEF | Dirección del Servicio Estatal Forestal |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura |
| FONADEF | Fondo Nacional de Desarrollo Forestal |
| GAF | Grupo Empresarial Agro-Forestal |
| FRA | Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales |
| GEFF | Grupo Empresarial Flora y Fauna |
| GEI | Gases de efecto invernadero |
| GPS | Sistema de posicionamiento global |
| IFN | Inventario Forestal Nacional |
| INAF | Instituto de Investigaciones Agro-Forestales |
| INGEI | Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero |
| NREF | Nivel de Referencia de Emisiones Forestales |
| REDD+ | Reducción de emisiones por deforestación y degradación de bosques |
| SIG | Sistema de Información Geográfica |
| tbs | Toneladas de biomasa seca |



RESUMEN EJECUTIVO

| | |
|---|--|
| NREF propuesto | -20.414.991,2 ± 166.622,5 tCO _{2e} anuales como balance neto. |
| Periodo de referencia | 2014 - 2018 |
| Ajuste por circunstancias nacionales | No aplica |
| Escala Espacial | Nacional |
| Área de Bosque (2018) en la zona estudiada | 3 385 637 hectáreas |
| Porcentaje de cobertura de bosque en la zona estudiada | 32,6 |
| Actividades REDD+ incluidas | Reducción de la deforestación; aumento de las existencias de carbono y manejo sostenible de bosques. |
| Reservorios incluidos | Carbono contenido en la biomasa aérea y biomasa subterránea |
| Gases Incluidos | GEI: CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O; Precursores de GEI: CO, y NO _x |
| Definición de bosques | 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. |
| Consistencia con el último inventario GEI | Existen diferencias en los resultados de las estimaciones realizadas para el INGEI y para los NREF. La superficie de bosques tomada como dato de actividad en el INGEI difiere de la utilizada en el cálculo de los NREF al determinarse mediante muestreo con la herramienta Collect Earth On line. En los NREF los factores de emisión utilizados fueron ponderados a partir de los usados en el INGEI al no coincidir la clasificación por tipos de bosque utilizadas en ambos informes. En el INGEI no se han incluido las emisiones por incendios forestales. Para futuros informes se prevé la utilización las mismas metodologías para ambos casos. |
| Descripción de las políticas nacionales | Programa Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030; Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático (Tarea Vida); Estrategia Nacional Ambiental, Programa Nacional de Diversidad Biológica y NDC entre otras. |
| Identificación de futuros avances mejoras | Realizar sistemáticamente el IFN; Perfeccionar los métodos de evaluación de las existencias; Avanzar hacia la determinación de factores de emisión propios incorporando todos los reservorios y GEI, entre otras que se explican en el documento. |



1. INTRODUCCION

Desde el triunfo de la Revolución, en 1959, se mostró la voluntad política del Estado cubano para atender los problemas asociados a la deforestación, y en ese mismo año se dictan normas que promueven acciones para el incremento de la cobertura boscosa del país. Las soluciones a esta problemática han estado presentes desde la primera Ley ambiental, Ley 33 de 1981 y en las legislaciones posteriores, amparadas en la Constitución de la República de Cuba. A partir del año 1992, en correspondencia con la entrada de Cuba a diversos Convenios internacionales, entre ellos, la CMNUCC de la cual es signataria, en el país se trabaja en el perfeccionamiento de sus políticas ambientales y dentro de ellas las que conducen al desarrollo forestal. Múltiples son las acciones contenidas en planes, programas y estrategias nacionales; las que en su materialización han permitido obtener resultados favorables en cuanto al incremento de las áreas de bosque y su protección. Sin embargo, hasta la fecha Cuba no había presentado Niveles de Referencia de Emisiones Forestales (NREF).

En el marco de las medidas mencionadas en el párrafo 70 de la decisión 1/CP.16 de la CMNUCC, Cuba presenta su primer NREF con una escala nacional que comprende un periodo del 2014-2018 con el propósito de que sea incluido en el proceso de evaluación técnica requerido para optar al mecanismo de pagos basados en resultados por efecto de la reducción de la deforestación, el aumento de las existencias de carbono y el manejo sostenible de bosques, aspectos en los que se prevé su mejora continua. La presentación de esta intención fue posible gracias al apoyo de la FAO que funciona como entidad implementadora del Proyecto de colaboración internacional "Preparación para REDD+ en Cuba (GCP/CUB/031/GCR)"

La elección de este periodo como representativo responde a que en el mismo se reafirman las tendencias del crecimiento de la cobertura forestal como resultado de la política adoptada por el Gobierno cubano expresada en los planes de repoblación forestal y el sistema de reforestación establecidos con anterioridad. En ese periodo se aprueban y establecen dos importantes instrumentos programáticos que consolidan ese propósito: La Estrategia Nacional Ambiental (2016-2020) y el Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático "Tarea Vida". Con ello se refirma la voluntad de continuar avanzando en los compromisos contraídos como país firmante de la CMNUCC en la misma medida en se aporta al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.

Para la estimación de los NREF fue necesario transitar hacia nuevos métodos de evaluación y monitoreo que permiten mejorar la precisión en la obtención de los datos de actividad, lo que significa que, en las circunstancias actuales, estos resultados difieren en alguna medida de las estimaciones informadas en el INGEI. Las diferencias existentes podrán ser eliminadas como parte del proceso de mejora continua y rectificadas cuando en futuros reportes se empleen los mismos procedimientos y metodologías.

En el desarrollo de este informe se explican las metodologías empleadas, la coherencia con las informaciones nacionales que anteceden a este trabajo y la propuesta de mejoras para continuar avanzando en función de obtener mejores resultados sobre la base de perfeccionar los métodos de estimación, el empleo de factores de emisión propios y el incremento y fortalecimiento de las capacidades institucionales que se vinculan con el tema.



2. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

2.1 Geografía, Clima y Vegetación

2.1.1 Geografía

La República de Cuba se localiza en el llamado Mediterráneo Americano, entre los 19° 49' y 23° 16' de latitud norte y los 74° 08' y 84° 57' de longitud oeste. Limita al norte con el Estrecho de la Florida y los canales de San Nicolás y Viejo de Bahamas; al sur con el Mar Caribe y el Estrecho de Colón; con el Estrecho de Yucatán por el oeste; y con el Paso de los Vientos al este.

El territorio nacional es un archipiélago formado por la isla de Cuba, la Isla de la Juventud y numerosos islotes y cayos, con una superficie terrestre (excluyendo cursos y espejos de agua) de 10.381.134 ha (DSEF, 2019), es el Estado más extenso del Caribe insular. Sus costas son muy irregulares y se extienden por 6.073 km, donde se localizan más de 280 playas.

Desde el punto de vista político-administrativo, la República de Cuba se divide en 15 provincias y 168 municipios, incluyendo al Municipio Especial Isla de la Juventud.

El relieve se destaca por la existencia de extensas llanuras que se extienden por 90.290 km², representando el 82 % de la superficie total emergida y el resto del territorio son sistemas de alturas y montañas que desempeñan un papel fundamental en las características climáticas e hidrológicas del país. La mayor altitud del relieve es el Pico Real del Turquino que se ubica en el macizo de la Sierra Maestra con 1 974 msnm.

En las zonas costeras más bajas, principalmente en la vertiente sur, se encuentran importantes humedales, destacándose la Ciénaga de Zapata, el mayor y el mejor conservado en la región del Caribe.

2.1.2 Clima

El clima se define como tropical estacionalmente húmedo, con influencia marítima y rasgos de semi-continentalidad. Predomina el tipo Aw de la clasificación de Koppen-Geiger.

La precipitación promedio anual es de 1.335 mm, de los que 1.003 mm se registran en el período lluvioso comprendido entre los meses de mayo y octubre. Este periodo se caracteriza por pocas variaciones del tiempo donde los cambios más importantes se deben a disturbios en la circulación tropical (ondas del este y ciclones tropicales). El período poco lluvioso, donde caen 332 mm, se extiende de noviembre a abril y en este, las variaciones del tiempo resultan más notables, con cambios bruscos asociados al paso de sistemas frontales, a la influencia anticiclónica de origen continental y a centros de bajas presiones extra tropicales.

La temperatura media anual del aire en las llanuras varía desde 26°C hasta 24°C, aunque localmente, en las costas pueden ser mayores y menores en las montañas. Los registros de la temperatura máxima media fluctúan entre 27°C y 32°C, y la temperatura mínima media entre los 17°C y 23°C. La temperatura máxima absoluta reportada en Cuba es de 39,7 °C. Por su parte, la temperatura mínima más baja registrada en el país es de 0,6 °C y como es usual en la zona tropical, la oscilación térmica diaria es mayor que la anual.

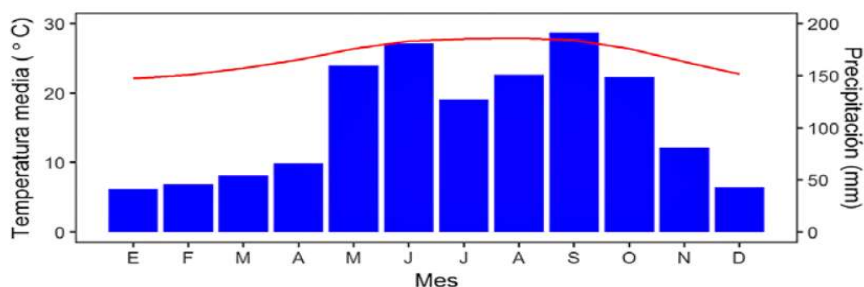


Gráfico 1. Variación estacional de la temperatura y la precipitación. Período 1981-2010 (Centro del Clima, INSMET, 2018a)

Los ciclones tropicales y las tormentas locales severas son los fenómenos meteorológicos a los que se asocia uno de los mayores peligros de desastres, y son responsables de algunos de los extremos climáticos mencionados. En los últimos años se observan cambios importantes en el clima de Cuba, que vienen influyendo en las características antes descritas. Las mayores evidencias comprobadas son el incremento de la temperatura media anual y la disminución de la lámina anual de precipitaciones en alrededor de 300 mm anuales.

El régimen hidrológico del país depende del comportamiento de la precipitación, combinado con las características geólogo-geomorfológicas de las cuencas fluviales, de los ríos y los acuíferos. En ello también influye la forma alargada y estrecha del archipiélago cubano y su disposición latitudinal. De las 640 cuencas hidrográficas existentes en el país, el 82 % ocupan áreas inferiores a 200 km² y la extensión de los cursos fluviales principales es menor de 100 km. Desde el punto de vista de su manejo, en el país están definidas 12 cuencas de interés nacional y otras 50 de interés provincial y municipal.

2.1.3 Vegetación

La condición de insularidad, las variaciones locales del clima y del suelo, así como el relieve y la hidrología, determinan la diversidad de tipos de formaciones vegetales y ecorregiones presentes en el archipiélago cubano. En Cuba se han descrito 34 formaciones vegetales naturales que, de manera general, pueden agruparse en bosques (16 formaciones; Bisse, 1988), matorrales, vegetación herbácea, complejos de vegetación y vegetación secundaria.

En el país habita el mayor número de especies vegetales de las Antillas. Los taxónomos reportan la existencia de 8.657 especies conocidas de la flora, mientras que en la fauna se registran 19.164 especies, de las cuales 1.857 son vertebrados. Considerado uno de los 35 puntos calientes (hotspot) de diversidad biológica del planeta, el archipiélago cubano presenta un alto nivel de endemismo, favorecido por la diversidad de hábitat, la evolución geológica y el aislamiento geográfico propio de sus características insulares. Se reporta un total de 9.095 especies endémicas de la flora y fauna.

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) agrupa 231 áreas con una superficie total de 39 635,5 km² (22,30%). De ellas, la superficie terrestre es de 20.062,8 km² (18,26%) y 19.572,7 km² (28,86%¹) son marinas. El SNAP es el eslabón principal de la conservación de la diversidad biológica.

¹A los efectos de la superficie marina se consideró las aguas interiores de la República de Cuba 667815,90 km²) (DL No. 001 1977).

Bosques

Según las estadísticas nacionales al término del año 2018 el patrimonio forestal comprendía **4 millones 79 mil 630 ha** (no incluye los sistemas agroforestales como el café o el cacao ni las plantaciones frutales comerciales). Del total del patrimonio **3 millones 269 mil 492 ha** estaban cubiertas de bosques (31,5 % del territorio nacional), de ellos, eran bosques naturales **2 millones 729 mil 646 ha** y **539 mil 845 ha** correspondía a plantaciones. Se identificaban como áreas pendientes a reforestar **213 mil 254 ha** y **506 mil 209 ha** eran áreas inforestales, o sea, forman parte del patrimonio forestal, pero nunca tendrán bosques) (DSEF, 2018a).

Tenencia de los bosques: la Constitución de la República establece en su artículo 15, inciso a): - Son de propiedad estatal socialista de todo el pueblo las tierras que no pertenecen a los agricultores pequeños o cooperativas integradas por éstos, el subsuelo, las minas, los recursos naturales tanto vivos como no vivos dentro de la zona económica marítima de la República, los bosques, las aguas y las vías de comunicación. Sin menoscabo de ello, en relación a los bosques, se reconocen diferentes formas de tenencia que incluyen, además de la estatal, la cooperativa, la privada y el usufructo. En la tenencia de las empresas estatales se concentra la mayor superficie (90%).

Dos Grupos Empresariales administran el 78,2 % del patrimonio: el Agroforestal (1.935.063 ha – 46,9 %) y el de Flora y Fauna (1.291.842 ha – 31,3 %). DSEF, 2024a); otros tenentes de importancia son los grupos empresariales Agrícola, Ganadero y Azucarero; el Sector Cooperativo y Campesino es también tenente de áreas del patrimonio forestal, pero en menor cantidad.

Categorías de bosques: de acuerdo con la ley 85, la superficie cubierta de bosques se clasifica con arreglo a sus funciones y ubicación en: bosques de producción, bosques de protección y bosques de conservación y estos a su vez se dividen en siete categorías como se muestra a continuación:

Tabla 1: Clasificación de los bosques de Cuba por categorías.

(Fuente: Dinámica Forestal. Dirección del Servicio Estatal Forestal. Ministerio de la Agricultura. 2018a).

| Agrupamiento/Categorías de bosque | Superficie (ha) | % |
|---|------------------|-------------|
| Bosques de producción | 1.055.216 | 32,3 |
| Productores | 1.055.216 | 32,3 |
| Bosques de protección | 1.494.753 | 45,7 |
| Protectores de Aguas y Suelos | 1.010.289 | 30,9 |
| Protectores de Litoral | 484.464 | 14,8 |
| Bosques de conservación | 719.523 | 22,0 |
| Manejo Especial | 177.240 | 5,4 |
| Protección y Conservación Fauna Silvestre | 524.319 | 16,0 |
| Educativos y Científicos | 16.869 | 0,5 |
| Recreativos | 1.095 | 0,03 |
| TOTAL | 3.269.492 | 100 |

La política seguida por el Gobierno de Cuba ha permitido que desde 1960 se obtenga un incremento sostenido de la superficie cubierta de bosques, donde los bosques de protección y conservación han sido los más beneficiados representando el 68% del total de bosques existentes. Ligado a los esfuerzos realizados para la reforestación se adoptan medidas encaminadas a la protección y conservación de los bosques mediante regulaciones de manejo, prohibiciones de tala, vigilancia y protección, además de la consolidación del Sistema

Nacional de Áreas Protegidas. Todo ello tiene un impacto en el incremento de las absorciones y reducción de las emisiones. De hecho, se logra que el sector forestal compense alrededor del 60% de las emisiones nacionales.

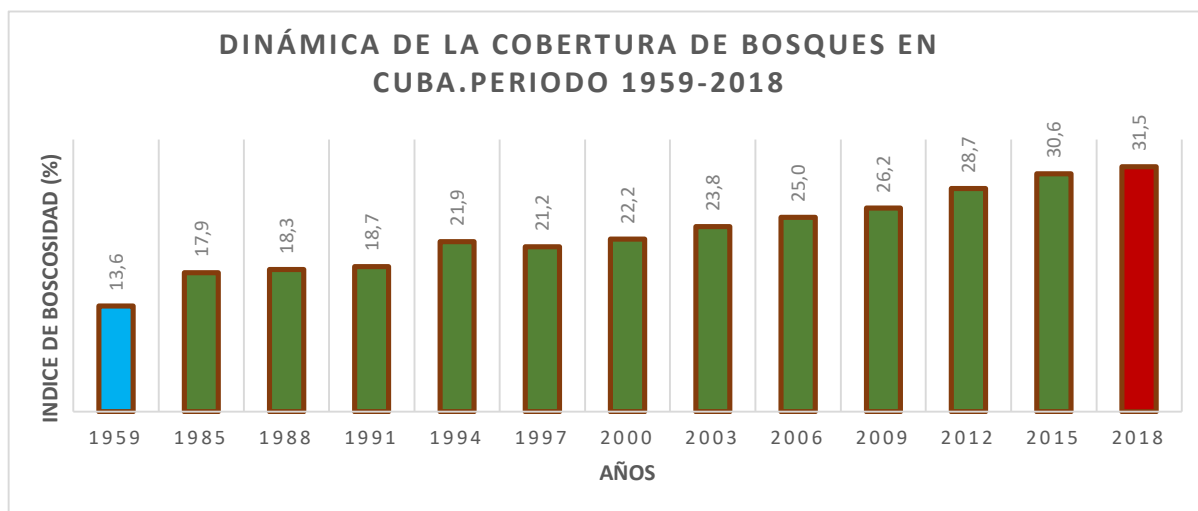


Gráfico 2. Proporción de la superficie cubierta de bosques (Índice de boscosidad) en Cuba. Comportamiento en el período 1959-2018 (DSEF, Minag, 2018a)

La tendencia creciente de la superficie cubierta de bosques no solo demuestra lo acertado de la política del gobierno cubano con respecto al fomento y cuidado de los bosques. Es significativo señalar que en las regulaciones cubanas están prohibidas las acciones que generan desmontes (deforestación) y corresponde al Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros aprobarlas cuando se considera necesario para el desarrollo de inversiones u otras decisiones que impliquen cambios de uso de la tierra.

En la siguiente tabla se muestra la relación porcentual entre la superficie aprobada a desmontar en el periodo de análisis 2014-2018 con respecto a la superficie neta incorporada a la superficie cubierta de bosques que incluye las incorporaciones por áreas fomentadas y otras que de manera natural se han generado en tierras de otros usos y que se ha decidido incorporarlas a tierras de uso forestal.

Tabla 2: Proporción de la superficie aprobada a desmontar en relación con la superficie neta incorporada a la superficie cubierta de bosques en la República de Cuba. Análisis en el periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección del Servicio Estatal Forestal. Ministerio de la Agricultura. 2018a).

| Detalles | UM | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Promedio anual |
|--|----|----------|---------|----------|---------|----------|----------------|
| Superficie neta incorporada a la superficie cubierta de bosques. | ha | 90.020,0 | 6.000,0 | 56.000,0 | 2.240,0 | 27.256,0 | 36.303,0 |
| Superficie aprobada a desmontar para inversiones varias. | ha | 201,0 | 476,0 | | 100,0 | | 155,0 |
| Proporción de la superficie desmontada con respecto a la superficie incorporada a la superficie de bosques | % | 0,2 | 7,9 | | 4,5 | | 0,4 |

Las acciones de deforestación no alcanzan a superar, ni siquiera el 10% de la superficie que anualmente se incorpora a bosques. Es decir, el crecimiento de la cobertura de bosques supera significativamente la pérdida de la misma. La tasa de crecimiento de la superficie cubierta de bosques, en el periodo de análisis es **36 mil 303 ha/año**.

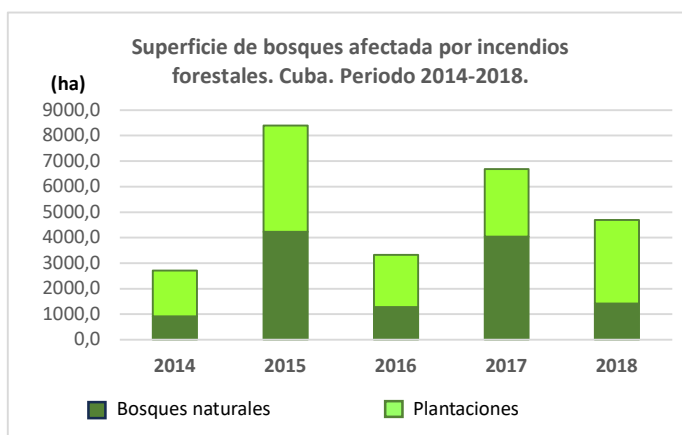
En Cuba el principal problema con los bosques está asociado a la degradación forestal provocado por causas antropogénicas y naturales, éstas últimas vinculadas en su mayoría con el cambio climático, entre todas pueden mencionarse las siguientes:

- incendios forestales,
- presencia de especies invasoras,
- insuficiente y deficiente manejo de bosques,
- tala furtiva,
- eventos meteorológicos extremos,
- aumento de la temperatura,
- disminución de las lluvias y
- aumento del nivel del mar.

Al respecto, el reto mayor para el sector forestal cubano lo constituye el monitoreo de los impactos provocados por esas diferentes causas. Actualmente no se cuenta con estadísticas propias para cada caso, con excepción de los incendios forestales, cuyo comportamiento en el periodo de análisis se refleja a continuación.

Tabla 3 y Gráfico 3: Superficie de bosques afectada por incendios en Cuba. Periodo 2014-2018. (UM: ha)
(Fuente: Elaboración propia con datos del anuario estadístico ONEI y el Cuerpo de Guardabosques, 2019a).

| Años | Total | Bosque Natural | Plantaciones |
|------|-------|----------------|--------------|
| 2014 | 2710 | 923 | 1787 |
| 2015 | 8390 | 4230 | 4160 |
| 2016 | 3320 | 1270 | 2050 |
| 2017 | 6680 | 4034 | 2646 |
| 2018 | 4690 | 1422 | 3268 |



En cualquiera de los casos, las perturbaciones ocasionadas producen afectaciones a la cobertura de árboles. Sin embargo, el hecho de que las tierras forestales se mantengan con ese uso predominante sin que ocurran cambios hacia otro uso de la tierra, significa que no se producen procesos de deforestación por estas causas. En determinados periodos ocurren afectaciones significativas provocadas por los propios incendios forestales y los huracanes; los que en ocasiones conllevan a interpretaciones de que en Cuba existe deforestación. Tal afirmación no es correcta debido a que dichas afectaciones no están asociadas a cambios de uso de la tierra y por tanto en esas áreas se rehabilitan los bosques ya sea naturalmente o con la intervención del hombre.

Es importante señalar que las perturbaciones a las que se refiere el párrafo anterior tienen impactos que no deben ser despreciados. A pesar de ello, la cuantía de las áreas afectadas tampoco supera el total de superficie que anualmente se incorpora a la cobertura forestal. Es reconocido el hecho de que eso también impacta en el nivel de emisiones/absorciones de GEI. De ahí la necesidad de avanzar hacia la mejora de su monitoreo y cuantificación.



2.2 Marco Normativo y Legal Forestal

Cuba tiene una larga tradición en materia legislativa respecto a los bosques. Las primeras disposiciones se remontan al siglo XVI vinculadas con el aprovechamiento de los bosques para la construcción de naves. En la década de 1880 se emitieron las llamadas Ordenanzas de Bosques que constituyeron para aquellos tiempos, verdaderos hitos para la ordenación y el manejo forestal.

En el período neocolonial, 1902-1959, se aprobaron varias regulaciones para la protección de los recursos forestales que de nada sirvieron; en estos 57 años fueron desmontadas más de cuatro millones de ha para dedicar esas tierras a la agricultura cañera y la ganadería; estas cifras son elocuentes y dan una idea de la magnitud e intensidad de la deforestación ocurrida en este periodo.

Desde el año 1959 se inició el Programa Nacional de Reforestación enfocado en recuperar la cobertura forestal del país, desbastada durante más de cinco siglos; como resultado de este programa, la proporción de la superficie de bosques con respecto a la superficie terrestre (en Cuba conocido como índice de boscosidad), fue incrementándose paulatinamente, desde un 13.4 % en 1959 hasta alcanzar al cierre de 2023 un valor de 32.1%, según las estadísticas nacionales. Este valor está cercano al 33 % que es el potencial estimado a alcanzar en el país.

En la actualidad, las leyes cubanas más relevantes para el sector forestal son:

- “Constitución de la República de Cuba” (de abril del 2019).
- Ley No. 85 “Ley Forestal” (21 de julio de 1998), en fase de actualización.
- Resolución No. 330 “Reglamento de la Ley Forestal” (8 de septiembre de 1999).
- Ley 150 “Del Sistema de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente” (18 de julio de 2023).
- Ley 124. “De las aguas terrestres”, julio de 2017.
- Decreto-Ley No. 50 “De la Conservación, Mejora y Gestión Sostenible de Suelos y el Uso de Fertilizantes” (6 de agosto de 2021).
- Decreto Ley No. 52 “Reglamento del Decreto Ley No. 50 sobre la Conservación, Mejora y Gestión Sostenible de Suelos y el Uso de Fertilizantes. (1 de septiembre 2021)
- Decreto 93 “De las Comisiones del Plan Turquino” (19 de julio de 2023).
- Decreto No. 280/2007 “De las Comisiones del Sistema de Reforestación y el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas” (19 de marzo de 2007).
- Resolución 873/2007 “Reglamento de las Comisiones del Sistema de Reforestación” (26 de diciembre de 2007).
- Decreto Ley No. 83 “Del Sistema Nacional de Áreas Protegidas” (18 de febrero de 2024).
- Decreto No. 86 “Del Enfrentamiento al Cambio climático” (13 de septiembre del 2023).
- Decreto-Ley 77/2023 “De Costas” (18 de septiembre de 2023).
- Decreto 97/2023 Reglamento del Decreto-Ley 77 “De Costas” (16 de octubre de 2023).

El sector forestal cubano está respaldado por varios instrumentos de política que apoyan el desarrollo sostenible de los bosques y recursos naturales en general entre los cuales están:

1. Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030.



De los seis ejes estratégicos que conforman este Plan, dos se vinculan al sector forestal el número cinco, Recursos Naturales y Medio Ambiente y el número seis Desarrollo Humano, Equidad y Justicia Social.

2. Programa Nacional de Desarrollo Forestal hasta el 2030.

En Cuba, el sector forestal se ha visto afectado durante los últimos años por la situación económica por la que atraviesa el país; se observa una disminución sustancial de los planes anuales de reforestación que pasaron de más de 25 000 ha en la década 2010-2020 a menos de 15 000 ha a partir del año 2021. Algo similar sucedió con los manejos silvícolas y con la ejecución de medidas de protección contra incendios forestales.

Este escenario, el cual puede permanecer por varios años, obliga a ejecutar un programa austero, pero con mayor eficiencia donde se disminuyan los costos en todas las actividades silvícolas, se incremente la eficiencia y, en los planes de reforestación, emplear, siempre que sea posible, el método de la regeneración natural asistida. El programa en estos momentos, se encuentra en la fase de evaluación económica.

3. Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático (Tarea Vida)

Para Cuba el enfrentamiento al cambio climático es de máxima prioridad dado por su condición de pequeño Estado Insular. Por tal razón en abril del 2017, el Consejo de Ministros aprobó El Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático, conocido como "Tarea Vida" cuyo principal objetivo es proteger la vida humana y su calidad en condiciones de un clima cambiante.

Dos de las 11 tareas definidas en el documento de la Tarea Vida involucran directamente a la actividad forestal, las que se anuncian a continuación:

Tarea 5: Dirigir la reforestación hacia la máxima protección de los suelos y las aguas en cantidad y calidad; así como a la recuperación de los manglares más afectados. Priorizar los embalses, canales y franjas hidrorreguladoras de las cuencas tributarias de las principales bahías y de las costas de la plataforma insular.

Tarea 9: Fortalecer los sistemas de monitoreo, vigilancia y alerta temprana para evaluar sistemáticamente el estado y calidad de la zona costera, el agua, la sequía, el bosque, la salud humana, animal y vegetal.

4. Proyecto Gestión sostenible de bosques y árboles fuera del bosque

Constituye un instrumento de implementación del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030, cuyo eje estratégico es el Macro programa de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Fue aprobado por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros en enero de 2022 y contiene 19 medidas para impulsar el desarrollo forestal en el país.

Estas medidas abarcan casi todo el universo del sector forestal por lo que este proyecto puede considerarse en estos momentos, como el primer instrumento de política del sector forestal. Dentro de ellas se contempla la realización del Inventario Forestal Nacional que es una de las actividades de mayor prioridad.

5. Fondo Nacional de Desarrollo Forestal (FONADEF)

El Fondo Nacional de Desarrollo Forestal lo crea la Ley No 85. Ley Forestal con el objetivo principal de promover el financiamiento de proyectos y actividades dedicadas a conservar y desarrollar los recursos forestales; al mismo pueden aplicar las personas naturales y jurídicas del territorio nacional.

6. Manual de aprovechamiento de impacto reducido para los bosques de Cuba.



Aprobado mediante la Resolución No 892 de 2012 del ministro de la Agricultura. En el manual se establecen regulaciones específicas, así como las tecnologías de aprovechamiento forestal cuyo cumplimiento garantizan un menor impacto al medio ambiente.

7. Ordenación Forestal

Es la actividad que comprende operaciones de carácter administrativo, económico, jurídico, social, técnico y científico que se realiza para el adecuado establecimiento, manejo, conservación y la utilización sostenible de los bosques y aprobada y regulada en la Ley Forestal y su Reglamento. Bajo la ordenación forestal se reportan 2 millones 429 mil 94 hectáreas, el 59,3 % del patrimonio forestal total.

8. Manejo Sostenible de Tierras

Desde hace más de 10 años se viene desarrollando en Cuba el Programa de Asociación de País en apoyo al Programa de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, conocido como OP 15, mediante el cual se han obtenido numerosos resultados de carácter técnico, legal y administrativo para alcanzar, en un contexto de varias acciones y etapas, el Manejo Sostenible de Tierras (MST) en lo cual los bosques juegan un importante papel. Igualmente, en el diseño de las Metas Nacionales para la Neutralidad de la Degradación de las Tierras, se establecieron metas y acciones específicas del sector forestal vinculadas al manejo de la cobertura forestal.

9. Programa Nacional de Conservación y Mejoramiento de Suelos

Este programa, vinculado al de Manejo Sostenible de Tierras y que desarrolla la Dirección de Suelos y Fertilizantes del MINAG, se implementa desde el año 2000. Financia acciones de mejora y conservación del suelo realizadas por los agricultores a través de un sistema de certificación.

En este contexto el Ministerio de la Agricultura lleva a cabo un movimiento de Polígonos de Suelos, Aguas y Bosques que como su nombre lo indica se orienta al manejo sostenible mediante la interacción de estos tres recursos naturales. Se han establecido en todo el país más de 100 polígonos de este tipo que abarcan una superficie de 15 000 ha.

10. Estrategia Nacional de Gestión y Manejo del Fuego

Esta estrategia, diseñada para la protección de los Bosques y recursos naturales asociados a los mismos, está vigente para el periodo 2018-2025; tiene como objetivo fundamental fortalecer y consolidar la capacidad institucional, con énfasis en el desarrollo de un sistema de alerta temprana y respuesta rápida.

2.3 Políticas de cambio climático

Desde el año 1992, Cuba es País Parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y desde ese momento se han desarrollado marcos de políticas y compromisos internacionales que tributan a los objetivos de la Convención, de acuerdo a las circunstancias nacionales y aplicando el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas.

Las investigaciones sobre los bosques y el cambio climático fueron iniciadas en el país en 1998 por el INAF; en general han estado dirigidas, por una parte, a la evaluación de impactos y formulación de planes de adaptación y por otra, al desarrollo de una calculadora de carbono nacional, la determinación de factores de emisión propios del país, entre otras.

Otras entidades se destacan en todo este proceso como el Centro de Estudios Forestales, Instituto de Ecología y Sistemática, Red Nacional de Jardines Botánicos, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, centros provinciales de estudios ambientales y por las facultades agroforestales de cuatro universidades, donde se estudia la carrera de ingeniería forestal y otras instituciones.

La sostenida tendencia al incremento de las remociones netas del sector forestal, han transitado desde 16.234,6 kt de CO_{2eq} en 1990, a 27.147,2 kt de CO_{2eq} en 2016, con un aumento de 10.912,6 kt de CO₂ en un cuarto de siglo. El Sector Forestal es el único en el país en el cual el balance de emisiones es positivo y, además, desde el año 2010, compensan las emisiones netas de los sectores Agrícola, Pecuario, Industrial y de Desechos (República de Cuba, 2020a).

Empleando resultados del INAF, a partir de 2020 la DSEF de conjunto con el propio INAF, el GAF y el GEF y en respuesta a un objetivo del proyecto de colaboración internacional “Ecovalor”, inició una prueba piloto encaminada al establecimiento de un sistema que permita pagar a los tenentes de bosques el carbono atmosférico removido por la biomasa forestal, como parte del cual y luego de cuatro años de trabajo se pagaron 5 millones 300 mil pesos de incentivo por este concepto (Mercadet, 2024a).

A partir de la adopción del Acuerdo de País Cuba presentó ante la CMNUCC su primera Contribución Nacionalmente Determinada (NDC por sus siglas en inglés), concebida para el periodo 2020-2030. Para el sector forestal se plantea como meta alcanzar una cobertura forestal del 33% en el 2030. Para ello compromete con esfuerzos propios el fomento de 85 mil hectáreas de bosque y otras 95 mil quedan sujetas a la ayuda financiera internacional. Como resultado final se espera incrementar la superficie boscosa en 165 mil hectáreas y remover en el periodo 169,9 millones de tCO₂ atmosférico.

3. ESCALA Y ALCANCE, ACTIVIDADES, DEPOSITOS DE CARBONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO

3.1 Escala y alcance

Este NREF se determina a escala nacional, abarcando toda la extensión del país.

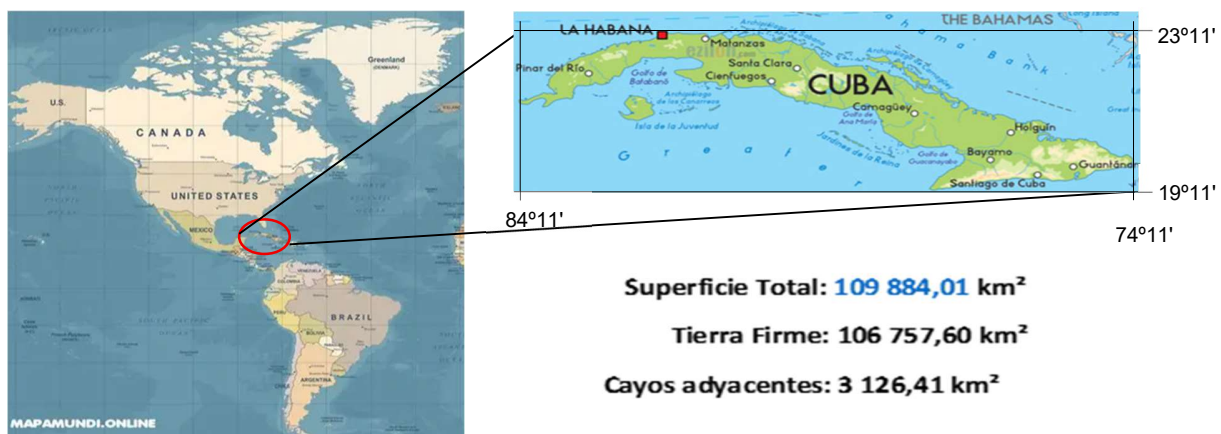


Figura 1: Ubicación geográfica de Cuba.

3.2 Actividades REDD+

Las actividades REDD+ que se incluyen en estos NREF son:

- Reducción de la deforestación
- Aumento de las existencias de carbono y
- Manejo sostenible de bosques

Las estadísticas nacionales demuestran que desde 1960 Cuba sostiene un crecimiento de su cobertura forestal donde las ganancias de bosque son muy superiores a sus pérdidas, de modo que no se registran tasas de deforestación desde ese año hasta la actualidad. Esto significa que sus esfuerzos no se dirigen a la disminución de la deforestación (prácticamente inexistente), sino al incremento de la superficie de bosques y su conservación. De igual manera el manejo forestal se realiza asegurando el uso sostenible de este recurso en la misma medida en que se protegen y conservan los bosques.

La disminución de la degradación es un tema de especial interés que también forma parte de las acciones que el gobierno cubano realiza para el enfrentamiento al cambio climático. En este sentido se realizan acciones encaminadas a la rehabilitación de las áreas degradadas por perturbaciones, al control de especies exóticas invasoras y al manejo silvicultural encaminado al incremento y mejoramiento de las funciones ecosistémicas y productivas. Sin embargo, todavía no está implementado un sistema de monitoreo que permita evaluar el estado de la degradación forestal y los impactos de ésta, así como de las acciones para su reducción. Este es un aspecto en el que para futuros cálculos de los NREF debe ser incluido.

3.3 Depósitos de Carbono

Para estos NREF se han considerado los depósitos de carbono biomasa aérea y biomasa subterránea. Esto responde a la idea de lograr coherencia con el INGEl, ya que en el mismo no se incluyeron los reservorios necromasa (hojarasca, madera muerta, humus) y carbono del suelo. También en un criterio más conservador se asume que el empleo de éstos últimos puede incrementar mucho la incertidumbre. Está concebido en el plan de mejora trabajar en la obtención de datos nacionales que permitan realizar las estimaciones correspondientes sin tener que usar factores por defecto.

3.4 Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero evaluados en estos NREF son el CO₂, N₂O y CH₄. Para el caso de las emisiones por incendios forestales fueron evaluados, además, los precursores de gases de efecto invernadero CO y NO_x. A partir de las equivalencias correspondientes se determinó para los GEI (N₂O y CH₄) la cantidad de CO₂ equivalente. Las equivalencias utilizadas fueron: **1 tCH₄ = 28 tCO_{2e}** y **1 tN₂O = 265 tCO_{2e}** (Fuente: IPCC *Fifth Assessment Report: Climate Change 2013*).

Teniendo en cuenta la Decisión 18/CMA.1 adoptada en la COP de Katowice y lo establecido en su párrafo 51, no se incluyeron en el cálculo del CO_{2e} las emisiones de los precursores de GEI (CO y NO_x), aunque fueron calculadas.

4. DEFINICIÓN DE BOSQUE

La Ley 85/1998, Ley Forestal de Cuba, establece una definición de bosques con un concepto general sin las especificaciones técnicas necesarias cuyos parámetros físicos facilite la obtención de datos de actividad y factores de emisión. En el proceso de actualización que en estos momentos se realiza. El Consejo Consultivo Forestal formuló una propuesta, la cual se tuvo en cuenta para este trabajo.

En sentido general se adopta la definición de bosque que establece FRA, con la diferencia de que en la definición cubana se considera como cobertura de copa mínima el 30%, en tanto FRA define un mínimo de 10%. En las condiciones de Cuba, en la mayoría de los ecosistemas boscosos, es abundante la vegetación arbórea y se considera que densidades inferiores al 30% es una mala cobertura.

La definición utilizada es la siguiente:

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.



En el caso de la exclusión b) de la definición de bosques es importante explicar que el marabú es una especie que en Cuba está clasificada como altamente invasora dado a su explosividad de reproducción y a la falta de controles naturales. La misma se ha expandido ocupando grandes extensiones de superficie, fundamentalmente destinadas a la producción agrícola y ganadera.

Con independencia de que la especie marabú puede alcanzar alturas de 5 m, incluso superarlas con densidades superiores a la del 30%, las superficies cubiertas por ella no se incluyen en la superficie de bosque. El hecho de ocupar espacios destinados a la producción agropecuaria, cuyas posibilidades de uso han estado temporalmente limitadas, sobre todo por déficit en los aseguramientos necesarios para estas actividades, significa que su inclusión como bosques implica someter estas áreas al régimen de manejo forestal, sobre lo cual existen regulaciones en Cuba que complejizarían la devolución de esas tierras al uso destinado toda vez que se den las condiciones para su explotación.

Por otra parte, la presencia de la especie en tierras de uso forestal no es relevante por cuanto en las mismas las potencialidades de que se desarrollen bosques ya la incluye como tal en la definición nacional, de modo que sería redundante declararlas así solo por la presencia temporal del marabú. Las tierras de uso agropecuario, tengan o no marabú, son excluidas de la definición de bosques. A pesar de ello también fueron cuantificadas las superficies cubiertas por esta planta y se analizó su dinámica a partir de los cambios presentados en este tipo de cobertura con una estimación aproximada de sus niveles de absorción.

Es importante detallar que en la interpretación remota las superficies cubiertas de marabú pueden ser interpretadas como bosques, pues presentan patrones similares en cuanto a textura y matices de colores. En la interpretación usando imágenes en infrarrojo son muy similares a los bosques con diferencias imperceptibles. Para su diferenciación fue necesario acudir al análisis de los cambios en la cobertura de la tierra desde varios años precedentes al periodo que se analiza y comprobar que eran tierras destinadas a la producción agropecuaria. También se tomaron como referencias la ubicación de las áreas, las características del entorno, estructuras físicas resultado de la antropización y el conocimiento de la ubicación de los bosques de Cuba.

En el documento [“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”](#) se muestran ejemplos visuales de superficies cubiertas de marabú.

5. INFORMACION USADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS NREF

5.1 Datos de actividad (Metodologías y Resultados)

El sector forestal cubano cuenta con series de datos sobre la cobertura forestal desde 1960 hasta la actualidad. Ello y el trabajo sistemático que el Instituto de Investigaciones Agro-Forestales ha realizado en la determinación de factores de emisión propios permite obtener información valiosa y sistemática de las emisiones de CO₂ facilitando la elaboración de los informes nacionales del balance neto de emisiones del sector y contribuir a los informes del país.



La serie de datos sobre la superficie boscosa se tiene sobre la base de la “Dinámica Forestal”, informe anual que refleja los cambios producidos en cada una de las categorías de área que conforman el patrimonio forestal. Esta información se obtiene mediante declaración de los tenentes y administradores de áreas forestales, la que es validada mediante los procesos de certificación de las actividades que se realizan en ellas por el Servicio Estatal Forestal.

El origen de los datos no es uniforme en cuanto a sus métodos de obtención. Las áreas, lo mismo son estimadas que medidas por sus tenentes. En los últimos años se gana en precisión debido a que en los procesos de ordenación forestal y la propia certificación de las actividades se utilizan tecnologías avanzadas como son el empleo de GPS, imágenes satelitales y sistemas de información geográficos (SIG). Sin embargo, mucha información acumulada sobre la que se han registrado entradas y salidas fueron tomadas con procedimientos de menor precisión y eso no garantiza trazabilidad de la información para esos periodos precedentes.

Lo anteriormente explicado fundamenta la necesidad de establecer el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal sobre la base del Inventario Forestal Nacional (IFN) y otras variantes de obtención de datos confiables y diversos en correspondencia con las necesidades de la información. En Cuba no se ha realizado aún ningún IFN. Atendiendo a ello y con el objetivo de obtener una información más precisa ajustada a la evaluación de la existencia física y el comportamiento de los cambios en las diferentes categorías de área, así como, validar de alguna manera los datos obtenidos por la Dinámica Forestal, se decide realizar el cálculo de los NREF a partir de datos obtenidos con el empleo de la herramienta *Collect Earth On line*. Esta decisión se adopta con el objetivo de asegurar la transparencia del proceso de obtención de los datos de actividad relacionados con la superficie. Los detalles sobre los procedimientos seguidos y sus resultados se explican en lo adelante.

5.1.1 Diseño de muestreo

El diseño de muestreo utilizado es el sistemático con una malla de puntos en toda la extensión del territorio nacional. A los fines de poder reafirmar que en Cuba no existe deforestación e identificar otras fuentes de incremento de la cobertura boscosa independientes de las acciones de reforestación, era importante evaluar los cambios, no solo de los que se producen en la propia categoría de tierras forestales, sino, de todos los usos de la tierra; lo cual también aportaría información valiosa para otros trabajos y decisiones en el país.

Se tuvo en cuenta la variación promedio anual de la superficie de bosques en los últimos 10 años, o sea, el incremento de la superficie de bosques en ese periodo, a partir de este dato se calculó el coeficiente de variación y con él, el tamaño de la muestra 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.

5.1.2 Proyecto en CEO

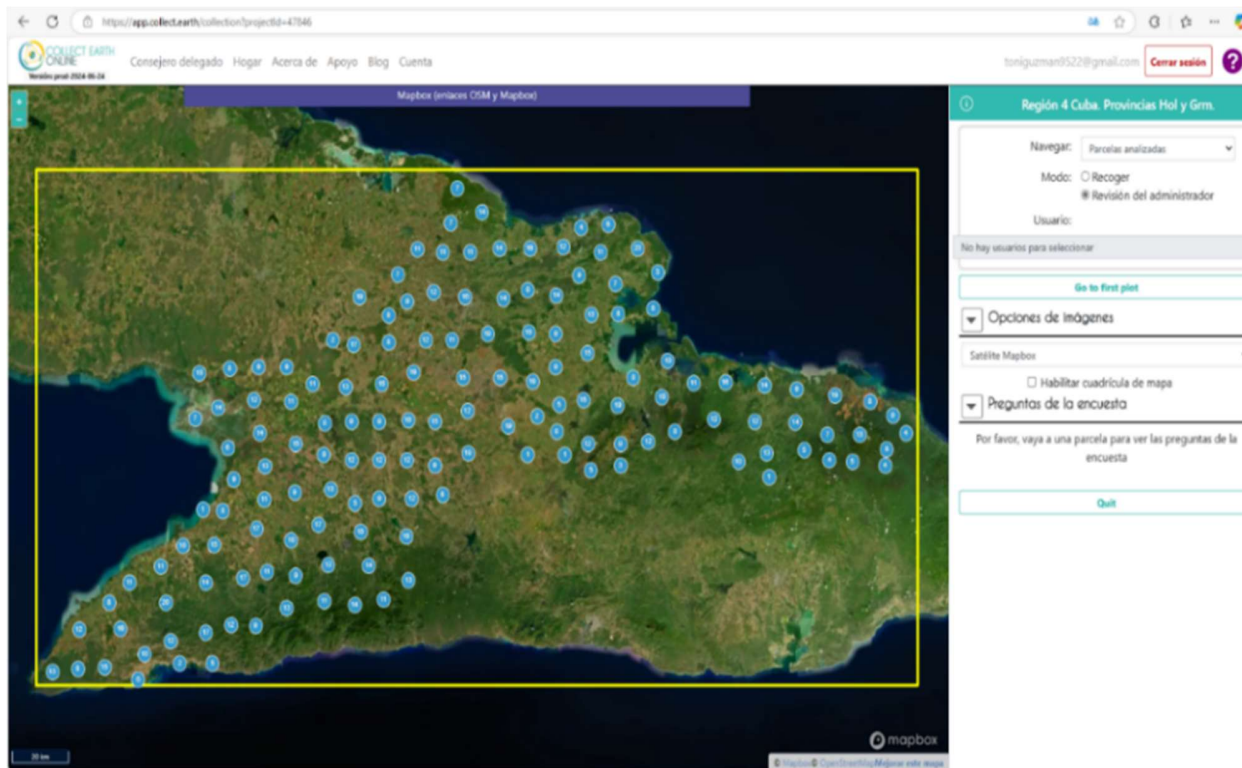
La evaluación de las categorías de uso de la tierra y sus cambios, así como los cambios en las diferentes categorías de área dentro de la categoría tierras forestales se realizó mediante interpretación visual de imágenes satelitales utilizando la plataforma Collect Earth On line (CEO) y Google Earth Pro.

CEO es un sistema de interpretación de imágenes satelitales de código abierto y personalizado desarrollado por la red SERVIR, NASA, FAO y USAID, en asociación con organizaciones técnicas regionales de todo el mundo. Es una herramienta para uso en proyectos que requieren información de uso y cobertura de la tierra.

Google Earth Pro es una herramienta de creación de mapas y funciones colaborativas. Permite visualizar imágenes satelitales de alta resolución y analizar en el tiempo los cambios sobre la tierra al facilitar el análisis espacio temporal por su disponibilidad de imágenes de diferentes fechas.

El trabajo se realizó por zonas, concibiendo un proyecto para cada una. En total fueron cinco. En la **Figura 2** se muestra un ejemplo.

Figura 2: Interfaz del Proyecto en CEO con la distribución de los sitios de muestreo en la Zona 4 (Holguín- Granma)





a) Interpretación visual de las muestras

La interpretación de las parcelas se realizó siguiendo los procedimientos descritos en 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”* (Documento complementario). A continuación, se da una información técnica resumida.

Se usaron varias imágenes satelitales, 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]}

b) Diseño de Respuesta

La interpretación de las parcelas responde a varios intereses de información y abarca el periodo 2014-2018. El diseño de la encuesta también se describe en el protocolo citado. Para los NREF solo se analizaron tres subperiodos de dos años cada uno, abarcando cinco años comprendidos entre 2014 y 2018. Con este objetivo



la interpretación estuvo centrada en analizar los cambios sobre la cobertura forestal, o sea, en la categoría “Bosques” dentro de la categoría de “Tierras forestales”. Los cambios analizados, que en lo adelante se denominan categorías de cambio, fueron:

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.

Otros cambios analizados fueron las pérdidas y ganancias de bosque, o sea, las áreas de bosque que se convierten a otros usos de la tierra y las tierras de otros usos que se convierten a bosques. Por los datos obtenidos las ganancias superan las pérdidas, por tanto, las compensan con creces. De ahí que se desestime el hecho de la deforestación como resultado neto. Por otra parte, el saldo de las ganancias al incorporarse a bosques en el periodo siguiente a su registro ya significa un crecimiento de la cobertura incluido en el cálculo de la superficie de bosques con árboles. Estas dos últimas categorías de cambio no tuvieron un cálculo específico de las emisiones/remociones para ser incluidas en los niveles de referencia.

En el análisis general sobre el uso de la tierra se evaluó de manera diferenciada la dinámica de la superficie cubierta de marabú, pues constituye un importante sumidero de carbono. Aunque se determinó, de manera particular un NRE para el Marabú, sus absorciones no fueron incluidas en la determinación de los niveles de referencia forestal, pues no se trata de áreas de bosque. El análisis de las emisiones/absorciones del marabú sienta bases para futuras decisiones nacionales de cara al enfrentamiento al cambio climático y el desarrollo del país.

5.1.3 Cálculo de superficies

Concluida la interpretación de las parcelas se extrajeron las tablas de datos que se generan en el proyecto de CEO. Con la cantidad de parcelas de cada categoría de área y de cambio en cada subperiodo se calculó la proporcionalidad, también identificada en este trabajo como coeficiente de participación (CP_{xyz}). El cálculo se realizó dividiendo la cantidad de parcela analizada en cada categoría de cambio, tipo de bosque y subperiodo entre el total de parcelas. En este caso se excluyeron las parcelas que correspondían a la superficie de aguas

interiores y mar pues como superficie de referencia para el cálculo se tomó en cuenta la superficie terrestre sin la superficie acuosa. Las expresiones 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 de actividad por cada categoría de cambio, tipo de bosque y subperiodos se muestran en la tabla 2 en los anexos.

Como se aprecia, en el levantamiento de la información mediante el análisis de las imágenes satelitales y el empleo de la herramienta Collect Earth los cambios producidos en la cobertura de árboles fueron registrados en el tipo de bosque latifoliado, particularmente en los bosques regenerados naturalmente.

a) Superficie de bosques y cambios en su estado de la cobertura de árboles

En la interpretación visual de las imágenes para la determinación de los datos de actividad se presentó una dificultad: no poder identificar los tipos de bosques según la clasificación utilizada en el INGEI. Eso conllevó a establecer una homologación con la misma y de hecho con la establecida en la Dinámica Forestal para el control estadístico del patrimonio forestal y sus categorías de área.

En las tablas 4 y 5 se detallan las diferentes categorías según las variantes de clasificación y la relación entre ellas. Primeramente, la homologación de los bosques artificiales y luego los naturales:

Tabla 4: Homologación de los tipos de bosques artificiales (plantados) teniendo en cuenta la clasificación para diferentes informes (Dinámica Forestal, INGEI y NREF). (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

| Clasificación para los NREF a partir del Proyecto en CEO | Clasificación (INGEI) | Plantaciones de especies forestales registradas en la Dinámica Forestal |
|--|---|--|
| Plantaciones de Coníferas | Pinus caribaea | Las cuatro especies de pinos cubanos |
| | Pinus spp. | |
| Plantaciones de latifolias | Acacia spp. | Acacia spp. |
| | Eucalyptus spp. | Eucalyptus spp. |
| | Tectona grandis | Tectona grandis |
| | Mezcla Maderas Duras de lento crecimiento | 52 especies con densidades básicas de la madera entre 0.60 y 1.34 g*cm-3). |
| | Mezcla Mad. Duras Ráp. Crec. | 32 especies con densidades básicas de la madera entre 0.60 y 1.07 g*cm-3 |
| | Mezcla Maderas Blandas | 51 especies con densidades básicas de la madera menor de 0.60 g*cm-4 |

Tabla 5: Homologación de los tipos de bosques naturales teniendo en cuenta la clasificación para diferentes informes (Dinámica Forestal, IBNE y NREF). (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

| Clasificación para los NREF | Clasificación de los IBNE (INGEI) | Formaciones boscosas registradas en la Dinámica Forestal | |
|---|---|--|--|
| Bosque Natural de Coníferas | La formación Pinar se incluyó en el bosque estacional | Pinar | |
| Bosque Natural de Latifolias con altura igual o superior a 5m | Húmedo | Monte Fresco | |
| | | Monte Nublado | |
| | | Pluvisilva | |
| | | Pluvisilva de Montaña | |
| | Estacional (<20 años). El 20% de la superficie de las formaciones boscosas que la integran | | Encinar |
| | | | Semicaducifolio sobre suelo ácido |
| | | | Semicaducifolio sobre suelo calizo |
| | | | Semicaducifolio sobre suelo de mal drenaje |
| | Estacional (>20 años). El 80% de la superficie de las formaciones boscosas que la integran | | Encinar |
| | | | Semicaducifolio sobre suelo ácido |
| | | | Semicaducifolio sobre suelo calizo |
| | | | Semicaducifolio sobre suelo de mal drenaje |
| | Bosque Seco (incluye el total de la superficie de las formaciones boscosas que la integran) | | Charrascal |
| Cuabal | | | |
| Manigua Costera | | | |
| Uveral | | | |
| Xerófilo de Mogote | | | |
| Xerófito Típico | | | |
| Bosque Natural de Latifoliado con altura entre 2 y 5 m | Caso particular del Bosque Seco cuya altura se encuentra entre los 2 y 5 m. Esta diferenciación no está en el INGEI | 80% de la superficie total de la formación Charrascal | |
| | | 4% de la superficie total de la formación Cuabal | |
| | | 51% de la superficie total de la formación Manigua Costera | |
| | | 10% de la superficie total de la formación Uveral | |
| Manglares | Manglares | Manglares | |

Como puede apreciarse, a partir de la definición nacional de bosques adoptada, para los NREF se diferenci6 la categorí a “Bosque Natural Latifoliado con altura entre 2 y 5 m”. Esto responde a la inclusi6n, en dicha definici6n, de aquellas coberturas que en condiciones extremas del sitio no logran alcanzar los 5m pero que superan los 2m, las mismas que en condiciones normales si tienen las potencialidades para alcanzar y superar los 5m.

Estas superficies no fueron determinadas mediante la interpretaci6n visual de las im6genes. Para su estimaci6n se analiz6 en la base de datos de la ordenaci6n forestal de las Empresas Agroforestales la existencia de formaciones boscosas con estas condiciones, desechando los rodales que por su juventud era l6gica la existencia de alturas inferiores a los 5m. En la revisi6n se identific6 que cumplían con esta condici6n una determinada proporci6n de las formaciones boscosas Charrascal, Cuabal, Manigua Costera y Uveral, todas agrupadas para el INGEI como bosque seco. A partir de esa proporcionalidad se estim6 la superficie total para los bosques latifoliados con alturas entre 2 y 5 m, asumiéndose para cada ańo la misma superficie teniendo en cuenta su invariabilidad debido a que son formaciones en las que pr6cticamente no se producen cambios.

El resultado final de la estimaci6n de las superficies por tipos de bosques mediante el empleo de la herramienta CEO se muestra en la siguiente tabla. N6tese que los resultados reafirman el crecimiento de la superficie cubierta de bosques en general.

Tabla 6: Superficie de bosques con cobertura estable de 6rboles en Cuba determinada mediante el empleo de la herramienta CEO. Período 2014-2018. (Fuente: Direcci6n Servicio Estatal Forestal, Minag).

| Superficie de “bosque estable con 6rboles (UM: ha) | | | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Tipos de Bosques | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Bosques Naturales | 3.204.192 | 3.204.193 | 3.212.933 | 3.212.933 | 3.224.678 |
| BN Coníferas | 94.165 | 94.165 | 94.165 | 94.165 | 95.174 |
| Bosque latifoliado (h ≥ 5m) | 2.682.841 | 2.682.841 | 2.695.686 | 2.695.686 | 2.708.494 |
| Bosque latifoliado (h entre 2 y 5m) | 52.470 | 52.470 | 52.470 | 52.470 | 52.470 |
| Manglares | 374.716 | 374.716 | 370.612 | 370.612 | 368.540 |
| Plantaciones | 162.951 | 162.951 | 165.139 | 165.139 | 160.959 |
| Pt Coníferas | 74.155 | 74.155 | 73.146 | 73.146 | 70.090 |
| Pt Latifolias | 88.796 | 88.796 | 91.993 | 91.993 | 90.869 |
| TOTAL | 3.367.143 | 3.367.144 | 3.378.072 | 3.378.072 | 3.385.637 |

Como se explica en el [epígrafe 5.1.2 b\)](#) también fueron analizados los cambios que dentro de la categorí a bosques, siendo estable este tipo de uso de la tierra, se producen por la p6rdida o ganancia de la cobertura de 6rboles, a su vez se analiz6 la p6rdida y ganancia de bosques. ([Ver tabla 7](#)).

Tabla 7: Superficie por categorías de cambio en la categoría de “Tierras forestales” subcategoría “Bosques” con respecto a la cobertura de árboles existente por años. Cuba. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag. Tomado a partir de interpretación visual en imágenes satelitales mediante proyectos en CEO)

| Categoría de cambio | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Promedio anual |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| INCORPORACIONES A LA SUPERFICIE CUBIERTA DE ARBOLES | | | | | | |
| Ganancia de Bosque | 9.239 | 9.239 | 7.094 | 7.094 | 12.840 | 9.101 |
| Bosque estable sin árboles a con árboles | 14.316 | 14.316 | 18.718 | 18.718 | 27.714 | 18.756 |
| TOTAL | 23.555 | 23.555 | 25.812 | 25.812 | 40.554 | 27.858 |
| PÉRDIDAS DE LA SUPERFICIE CUBIERTA DE ARBOLES | | | | | | |
| Pérdida de Bosque | 1.057 | 1.057 | 2.044 | 2.044 | 2.539 | 1.748 |
| Bosque estable con árboles a sin árboles | 4.132 | 4.132 | 4.608 | 4.608 | 7.121 | 4.920 |
| TOTAL | 5.189 | 5.189 | 6.652 | 6.652 | 9.660 | 6.668 |
| Bosque estable sin árboles | 57.145 | 57.145 | 53.478 | 53.478 | 44.352 | 53.120 |

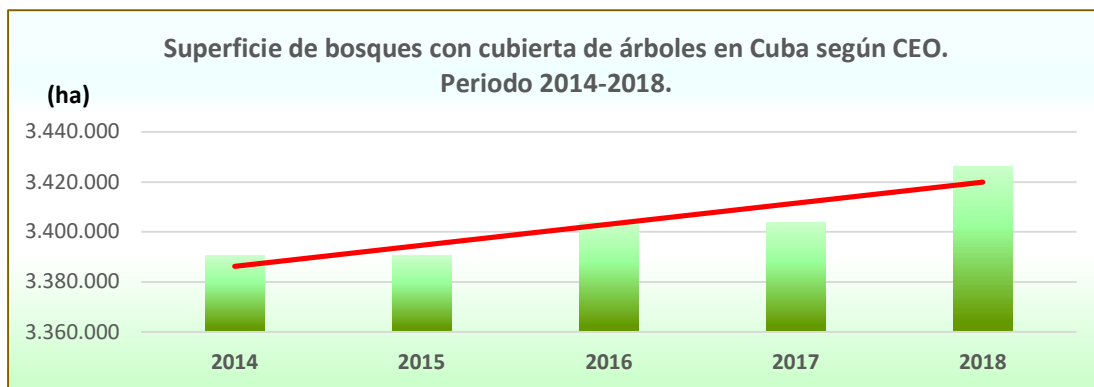
Las superficies determinadas para las categorías de cambio “Ganancia de bosques” y “Bosque estable sin árboles a con árboles” junto a la categoría “Bosque estable con árboles” constituyen la existencia física real del área de bosques con cobertura de árboles. Siendo este el dato de actividad a tener en cuenta para la determinación de los NREF en relación con el incremento de la cobertura forestal y que en la práctica demuestra que en Cuba como resultado neto de su dinámica forestal no muestra procesos de deforestación.

Considerando todas las categorías relacionadas con la superficie de bosques con cobertura de árboles los datos se muestran en la [tabla 8](#) y en el [gráfico 4](#) se muestra el comportamiento del área física real por año.

Tabla 8: Superficie de bosques total con cobertura de árboles en Cuba determinada mediante el empleo de la herramienta CEO. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

| Superficie de bosques con cubierta de árboles en Cuba según CEO. Periodo 2014-2018. (UM: ha) | | | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Tipos de Bosques | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Bosques Naturales | 3.224.686 | 3.224.686 | 3.235.263 | 3.235.263 | 3.260.224 |
| BN Coníferas | 94.670 | 94.670 | 94.670 | 94.670 | 95.174 |
| Bosque latifoliado (h ≥ 5m) | 2.702.830 | 2.702.830 | 2.717.007 | 2.717.007 | 2.743.535 |
| Bosque latifoliado (h entre 2 y 5m) | 52.470 | 52.470 | 52.470 | 52.470 | 52.470 |
| Manglares | 374.716 | 374.716 | 371.117 | 371.117 | 369.044 |
| Plantaciones | 166.013 | 166.013 | 168.621 | 168.621 | 165.968 |
| Pt Coníferas | 74.155 | 74.155 | 73.650 | 73.650 | 71.100 |
| Pt Latifolias | 91.858 | 91.858 | 94.971 | 94.971 | 94.868 |
| TOTAL | 3.390.699 | 3.390.699 | 3.403.885 | 3.403.885 | 3.426.192 |

Gráfico 4. Tendencia de la superficie de bosque cubierta de árboles en Cuba determinada con el empleo de la herramienta CEO. Período 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).



Debe señalarse que, aunque no se muestran datos del 2013, las cifras correspondientes al año 2014 se obtuvieron a partir de la observación de los cambios con respecto a ese año. Es decir, todas las existencias y cambios analizados se determinaron al compararse con el estado observado en imágenes del 2013.

También fueron analizados los cambios que ocasionaron pérdida de la superficie de bosques con cobertura de árboles al considerar las categorías de cambio “Pérdida de bosque” y “Bosque estable con árboles a sin árboles”. En esta segunda categoría se tuvieron en cuenta las causas de la pérdida de cobertura de árboles como se muestra en la tabla siguiente. De igual manera se analizó la existencia de superficie de bosque que según la definición nacional se mantuvo sin cobertura de árboles durante el periodo.

Tabla 9: Superficie de bosques que durante el periodo 2014-2018 en Cuba perdió su cobertura de árboles. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag. Determinada mediante el empleo de la herramienta CEO).

| Categoría de cambio | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Promedio anual |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Pérdida de Bosque | 1.057 | 1.057 | 2.044 | 2.044 | 2.539 | 1.748 |
| Bosque estable con árboles a sin árboles | 4.132 | 4.132 | 4.608 | 4.608 | 7.121 | 4.920 |
| Por incendios | 518 | 518 | | | 1.492 | 506 |
| Por talas | 505 | 505 | 1.535 | 1.535 | 2.580 | 1.332 |
| Por otras causas | 4.709 | 4.709 | 5.740 | 5.740 | 3.582 | 4.896 |
| TOTAL | 5.189 | 5.189 | 6.652 | 6.652 | 9.660 | 6.668 |
| Bosque estable sin árboles | 57.145 | 57.145 | 53.478 | 53.478 | 44.352 | 53.120 |

La proporción que representan estos cambios con respecto a la superficie de bosques con árboles apenas alcanza el 0,2% en cada categoría y año. Al identificarse como áreas desprovistas de árboles, en la mayoría de los casos, no pudo identificarse el tipo de bosques a que pertenecen. Por la cuantía de las parcelas identificadas en estas categorías se considera que fueron muestras raras con poca representatividad y con cifras muy diferentes a las obtenidas en el proceso de captación de la información para las estadísticas nacionales; de modo que no fueron consideradas en el cálculo de emisiones.

Para el caso de las pérdidas por talas y afectaciones por otras causas no se tienen estadísticas relativas a la superficie.

b) Datos de actividad sobre las pérdidas

Las pérdidas de cobertura de bosques consideradas en este trabajo están relacionadas con los incendios forestales y extracciones de madera (cosecha). Las emisiones se determinaron a partir de las estadísticas existentes de estos dos indicadores, fundamentalmente en el surtido madera en rollo que abarca según la definición cubana madera en bolo y rolliza. Los datos de actividad utilizados se muestran en las [tablas 10 y 11](#).

Es significativo señalar que en Cuba la protección contra incendios forestales es una preocupación permanente del gobierno cubano y por pocas que sean las afectaciones siempre tienen relevancia a los efectos de evaluar su impacto en lo ambiental, lo económico y lo social. La mayor afectación en este periodo ocurrida en el 2015 representa apenas el 0,25% del total de la superficie cubierta de bosques de ese año. Sin embargo, las emisiones por este concepto nunca son despreciables.

Tabla 10: Superficie de bosque afectada por incendios forestales en Cuba. Periodo 2014-2018. (Fuente: Cuerpo de Guardabosques, publicado en anuario estadístico de la ONEI).

| AÑO | Superficie de bosque afectada por incendios (UM: ha) | | |
|------|--|------------|-------------|
| | Total | B. Natural | B. Plantado |
| 2014 | 2.710 | 923 | 1.787 |
| 2015 | 8.390 | 4.230 | 4.160 |
| 2016 | 3.320 | 1.270 | 2.050 |
| 2017 | 6.680 | 4.034 | 2.646 |
| 2018 | 4.690 | 1.420 | 3.270 |

Por su parte las estadísticas de extracción de madera no muestran una variabilidad significativa para los casos de madera en bolo (madera para aserrado) y madera rolliza ([Tabla 11](#)). La madera combustible (leña) no fue considerada en el cálculo de las emisiones respondiendo a las razones siguientes:

Los datos disponibles de remoción de madera combustible no abarcan la totalidad de la extracción de leña que se realiza en el país. En el INGEI, para el sector Silvicultura, no han sido incluidas las emisiones por este concepto, aunque en el sector Energía si se incluyeron las emisiones de CH₄ y N₂O por el uso de la leña con algunas cifras reportadas por el Grupo Empresarial Agro Forestal. Para el cálculo de los NREF se decidió no incluirlo buscando coherencia con el INGEI para el sector Silvicultura, reconociéndose que en las futuras mejoras es un aspecto a incluir a partir de que se perfeccione la obtención de los datos de actividad en este sentido.

Tabla 11: Volumen de madera extraída de los bosques en Cuba. Periodo 2014-2018. (Fuente: Grupo Empresarial Agro-Forestal).

| Años | Madera para aserrado (m ³) | Madera Rolliza (m ³) | TOTAL (m ³) |
|------|--|----------------------------------|-------------------------|
| 2014 | 214.800 | 171.900 | 386.700 |
| 2015 | 251.600 | 149.100 | 400.700 |
| 2016 | 225.200 | 146.700 | 371.900 |
| 2017 | 236.600 | 148.800 | 385.400 |
| 2018 | 234.700 | 133.600 | 368.300 |

c) El caso particular de la superficie cubierta de marabú

Aun cuando en la definición nacional de bosque se excluye la superficie cubierta de marabú *Dichrostachys cinerea* (L.) debido en lo fundamental a que se desarrolla en terrenos destinados a la producción agropecuaria, además de ser una especie exótica invasora, su existencia resulta muy interesante a los efectos de la absorción de CO₂. Por tanto, una aproximación a la estimación de las absorciones que ello significa es conveniente para futuras decisiones en el país.

Similar al análisis realizado sobre la superficie de bosques y los cambios en el estado de su cobertura, también se realizó para la superficie cubierta de marabú en las categorías: “marabú estable”, “ganancia de marabú” y “pérdida de marabú”. Los resultados son alarmantes constituyendo en la práctica un sumidero importante de CO₂ dignos de ser tenidos en cuenta. Véase la siguiente tabla.

Tabla 12: Dinámica de la superficie cubierta de marabú (*Dichrostachys cinerea* L.) en Cuba durante el periodo 2014-2018. Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag. Determinada mediante el empleo de la herramienta CEO).

| Años | Marabú estable | | Ganancia de marabú | | Pérdida de marabú | | Balance Neto | |
|------|----------------|----------------|--------------------|----------------|-------------------|----------------|--------------|----------------|
| | Superficie | Promedio anual | Superficie | Promedio anual | Superficie | Promedio anual | Superficie | Promedio anual |
| 2014 | 1.569.821 | 1.581.047 | 30.688 | 50.069 | 62.903 | 36.325 | 1.537.607 | 1.594.791 |
| 2015 | 1.569.821 | | 30.688 | | 62.903 | | 1.537.607 | |
| 2016 | 1.580.801 | | 40.656 | | 19.131 | | 1.602.325 | |
| 2017 | 1.580.801 | | 40.656 | | 19.131 | | 1.602.325 | |
| 2018 | 1.603.992 | | 107.656 | | 17.554 | | 1.694.094 | |

Nótese que como promedio la ganancia de marabú supera la pérdida, de modo que cada año, salvo excepciones, la superficie cubierta por esta especie crece. Este comportamiento no es exclusivo del periodo mostrado. Tanto en años precedentes como en los más recientes las cifras son altas, lo que reafirma la recomendación de tener en cuenta este tipo de cobertura como sumidero de carbono.

5.2 Factores de emisión

5.2.1 Factores de emisión usados en el INGEI

Los factores de emisión (FE) cuantifican la magnitud de las emisiones o absorciones de GEI por unidad de actividad (IPCC, 2006). Para el caso de Cuba, estos se obtuvieron de estudios iniciados desde 2006, en el marco de proyectos de investigación desarrollados por el INAF.

Lo anterior significa que Cuba acumula varios años de investigación en cuanto a la determinación de factores de emisión propios, lo que resulta muy conveniente para la disminución de la incertidumbre. Los datos de actividad relacionados con la superficie cubierta de bosques, detallada por cada una de las formaciones boscosas existentes en el país se obtienen de estadísticas nacionales compiladas a partir de declaraciones de los tenentes y administradores del patrimonio forestal; aunque en ello ayudan las actualizaciones que se realizan del catastro nacional, levantamientos de áreas específicos y trabajos de ordenación forestal. Es de destacar que los métodos empleados generalmente no coinciden en el período en que se actualiza la

información. El empleo de métodos más tecnificados permitirá obtener una información de los datos de actividad con mayor uniformidad lo cual se debe lograr con la implementación del IFN.

En la estimación de las emisiones/absorciones llevadas al INGEI y analizadas en los informes anuales del balance neto de emisiones los datos de actividad para calcular las remociones de CO₂ atmosférico se obtienen de la “Dinámica Forestal”. Estas fueron calculadas utilizando el Nivel 2 (factores de emisión propios del país) para el crecimiento anual de la biomasa aérea de *Pinus* spp. (6,32 m³ ms * ha⁻¹ a⁻¹; Mercadet et al., 2012) y para *Pinus caribaea* (8,51 m³ ms * ha⁻¹ a⁻¹), así como para la fracción de carbono en la materia seca (Mercadet, Álvarez, Escarré y Ortiz[†], 2011) de todos los niveles de bosque, tanto artificiales como naturales (**Tabla 13**).

En el caso de los grupos de mezcla de especies de bosques artificiales y de los grupos de bosques naturales, fueron empleados valores promedio de la fracción de carbono, tomando en consideración los valores de las especies que integraban cada grupo en los bosques artificiales o las especies reportadas para cada formación en el caso de los bosques naturales.

Para las emisiones también fue utilizado el Nivel 2 para el factor de conversión de biomasa entre el surtido maderero final y el volumen de madera inicialmente aprovechado⁽²⁾, así como para la densidad básica de la madera⁽²⁾ (**Tabla 14**), donde fueron empleados valores promedio de la fracción de carbono, tomando en consideración los de las especies utilizadas para la producción de cada surtido.

No en todos los casos fue posible utilizar factores de emisión propios. En algunas ocasiones fue necesario el empleo de factores por defecto de los establecidos por el IPCC, estableciendo aproximaciones según el tipo de bosque que más se ajusta a las condiciones nacionales. Esto siempre implica un nivel de incertidumbre asociada a los factores de emisión. De ahí la necesidad de continuar trabajando en función de ampliar el uso de factores propios.

Tabla 13: Fracciones de carbono en la materia seca usadas para el cálculo de las remociones de CO₂. (Todos los factores mostrados en esta tabla son factores de emisión propios del país). (Fuente: Instituto de Investigaciones Agro-Forestales)

| Tipo de bosque | Especie o Grupo | Fracción de carbono |
|----------------|------------------------------|---------------------|
| Artificial | <i>Acacia</i> spp. | 0,4854 |
| | <i>Eucalyptus</i> spp. | 0,4875 |
| | <i>Tectona grandis</i> | 0,4849 |
| | <i>Pinus</i> spp. | 0,4702 |
| | <i>Pinus caribaea</i> | 0,4753 |
| | Mezcla Maderas Duras | 0,4688 |
| | Mezcla Mad. Duras Ráp. Crec. | 0,4697 |
| | Mezcla Maderas Blandas | 0,4690 |
| Natural | Húmedo | 0,4745 |
| | Estacional (<20 años) | 0,4658 |
| | Estacional (>20 años) | 0,4658 |
| | Seco | 0,4620 |
| | Manglares | 0,4700 |

² Coeficientes establecidos por la Dirección de Industrias del Grupo Empresarial Agroforestal - GAF

Tabla 14: Densidad de la madera y fracción de carbono utilizados en la estimación de las emisiones producidas por las extracciones de madera. (Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF).

| Categoría de cosecha | Densidad Básica de la Madera (kg · m ⁻³) | | | | Fracción de Carbono | | | | | |
|----------------------|--|------------|-------|------------|---------------------|------------|------------|--------|------------|---------|
| | Coníferas | Latifolias | | | | Conife-ras | Latifolias | | | |
| | | Precio-sas | Duras | Semi-duras | Blandas | | Precio-sas | Duras | Semi-duras | Blandas |
| Bolo | 565 | 618 | 811 | 652* | 482 | 0,4715 | 0,4700 | 0,4741 | 0,4633 | 0,4671 |
| Postes | | | | 652* | | | | | 0,4734* | |

*Solo de eucalipto.

En la determinación de los factores de emisión relacionados con la cosecha de madera, para calcular la expansión de la biomasa (BCEF), fue empleado el valor por defecto 1,9 planteado para las maderas duras de la zona climática Mediterráneo, tropical seco, subtropical, con nivel de existencias en crecimiento entre 21 m³ y 40 m³.

El resto de los factores de emisión utilizados fueron los propuestos por defecto por IPCC (2006) y para la relación entre biomasa subterránea y biomasa aérea (R) fue utilizado el valor reportado para Bosque tropical húmedo de hojas caducas con biomasa aérea menor que 125 t * ha⁻¹ (IPCC, 2006).

5.2.2 Factores de emisión usados en los niveles de referencia de emisiones forestales (NREF)

Examinando el contenido de las **tablas 4 y 5** se comprende que la clasificación por tipos de bosques utilizados en el INGEI no es coincidente con la utilizada para determinar los NREF y eso implica que hubo que realizar adecuaciones con respecto a los factores de emisión/absorción a utilizar. Los factores de absorción utilizados en el INGEI, los que fueron descriptos en el epígrafe anterior, sirvieron de base para, mediante un proceso de ponderación, determinar los nuevos factores en correspondencia con la clasificación por tipos de bosques utilizada en la determinación de los NREF.

El nivel de experticia de los especialistas forestales cubanos en materia de fotointerpretación, el cual aún es bajo, conjugado con la resolución de las imágenes utilizadas, no permitió definir y diferenciar las categorías o tipos de bosque utilizados en el INGEI. Pero el firme propósito de garantizar transparencia en la obtención de los datos de actividad conllevó a la utilización de una clasificación, quizás más general, para los NREF. De ahí la necesidad de realizar la homologación explicada anteriormente y con ello la ponderación de los factores de emisión. Es obvio que clasificaciones diferentes generan también diferencias en la estimación de las emisiones/absorciones e incide en la incertidumbre.

Los factores de emisión ponderados se obtuvieron en base a la superficie reportada para el año 2022 coincidente con el último informe del balance neto de emisiones disponible. O sea, se utilizó el mismo factor de emisión ponderado para todo el periodo 2014-2018. Se tiene conciencia de que este procedimiento genera incertidumbre por cuanto la superficie de cada tipo de bosque es variable con los años y los cambios en su proporción generan diferencias en las emisiones/absorciones calculadas con factores únicos. En el proceso de mejora debe lograrse una única clasificación para los tipos de bosques y en correspondencia con ello un ajuste en los factores de emisión. La ponderación se realizó utilizando la expresión siguiente:

$$CBap_j = \frac{\sum (StbBE_1 \times CBa_1) + (StbBE_2 \times CB_2) + \dots + (StbBE_n \times CB_n)}{SBTBE}$$

Donde:

CBap_j: Crecimiento medio anual ponderado de la biomasa aérea de cada tipo de bosque en la estructura de bosque adoptada con el empleo del Collect Earth.

StbBE: Superficie de cada tipo de bosque utilizado en el informe nacional del balance de emisiones. Coincide con el de la Dinámica Forestal 2022.

CBa: Valor del crecimiento de la biomasa aérea de cada tipo de bosque utilizado en el informe nacional del balance de emisiones.

SBTBE: Superficie de bosque total utilizada en el informe nacional del balance de emisiones y que resulta de la suma de la superficie de cada tipo de bosque.

Posteriormente, empleando el valor de la relación biomasa del suelo x biomasa aérea⁻¹, se calculó la biomasa soterrada y luego en una expresión similar a la anterior se ponderó el factor del carbono a utilizar en cada tipo de bosque en la estructura utilizada con el Collect Earth.

$$CBap_j = \frac{\sum (StbBE_1 \times FC_1) + (StbBE_2 \times FC_2) + \dots + (StbBE_n \times FC_n)}{SBTBE}$$

En este caso, *FC_j* es el factor del carbono utilizado en el informe nacional del balance de emisiones para cada tipo de bosque.

Los factores de emisión obtenidos para la estructura de bosque utilizada en el presente trabajo se muestran a continuación:

Tabla 15: 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) (t _{bm} * 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 ≥ 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 |

Las emisiones por incendios forestales fueron calculadas utilizando el nivel 1 con factores por defecto establecidos en las directrices del IPCC Vol. 4, 2006. En la tabla siguiente se muestran los valores usados.

Tabla 16: Valor de las variables necesarias en el cálculo de las emisiones incendios forestales. (Fuente: Directrices del IPCC, Vol. 4, 2006).

| VALORES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE (MATERIA ORGÁNICA MUERTA MÁS BIOMASA VIVA) (TON MATERIA SECA-1) PROVOCADO POR INCENDIOS EN DISTINTOS TIPOS DE VEGETACIÓN | | | FACTORES DE EMISIÓN (g kg ⁻¹ DE MATERIA SECA QUEMADA) PARA DISTINTOS TIPOS DE QUEMADO. LOS VALORES SON MEDIAS ± SD Y SE BASAN EN UNA REVISIÓN EXHAUSTIVA DE ANDREAE Y MERLET (2001) (Debe utilizarse como la cantidad «G _{ef} » de la Ecuación 2.27) | | | | |
|---|--------------|---------------------------------|--|----------|-----------------|------------------|-----------------|
| Tipo de vegetación | Subcategoría | M _b × C _f | G _{ef} | | | | |
| | | Media | CO ₂ | CO | CH ₄ | N ₂ O | NO _x |
| Todos los bosques tropicales secundarios | | 42,2 | 1580 ± 90 | 104 ± 20 | 6,8 ± 2,0 | 0,2 | 1,6 ± 0,7 |

Los datos de actividad de cosecha no fueron especificados por tipos de madera al no contarse con una información totalmente detallada para cada año evaluado, de ahí que las emisiones también fueran calculadas con factores por defecto, al utilizarse el volumen total extraído. Los factores son:

| | | |
|---------------|-----------|-------------|
| $BCEFR = 1,9$ | $R = 0,2$ | $CF = 0,47$ |
|---------------|-----------|-------------|

En resumen, los factores de emisión para las causas incendios y cosecha de madera se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 17: 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 | Gases | 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 | tNH ₄ /ha | 0,29 |
| | N ₂ O | tN ₂ O/ha | 0,01 |
| | NO _x | tNO _x /ha | 0,07 |
| | CO_{2eq} | tCO_{2e}/ha | 79,1 |

d) El caso particular del factor de emisión del marabú

Con respecto a las emisiones/absorciones el marabú ha sido una especie poco estudiada en Cuba. A propósito de realizar una primera aproximación de las probables cantidades de CO₂ que puedan absorberse a fin de evaluar sus potencialidades en este sentido, se consideraron los siguientes factores:

- Crecimiento anual de la biomasa aérea seca: 4 tbas*ha⁻¹*a⁻¹ (datos obtenidos en mediciones de campo en parcelas temporales).
- Relación biomasa subterránea/biomasa aérea (R): 0,20 (obtenido a partir de datos de campo)
- Factor del carbono (FC): 0,46 (Factor propio obtenido en el país)

- Crecimiento medio anual de la biomasa total (aérea + subterránea): $4,80 \text{ tbs} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ (se calculó mediante la ecuación 2.10 para el nivel 1, *Directrices del IPCC, Vol. 4, 2006*)
- Crecimiento medio anual del contenido de carbono: $2.21 \text{ tC} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$
- Absorción anual de CO₂ por ha: $-3,72 \text{ tCO}_2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$

6. NIVELES DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES

Como ya se conoce, el periodo histórico analizado está comprendido entre el 2014 y 2018. La disponibilidad de imágenes para la interpretación y la complejidad del trabajo condujeron a establecer subperiodos de dos años y a partir de lo identificado en cada subperiodo se estimó lo que corresponde a cada año como el promedio de ese subperiodo. Con la información obtenida según se describe en los epígrafes 5.1 y 5.2 anteriores, se calcularon las absorciones y emisiones correspondientes a cada año y con ello se determinó el nivel de referencia correspondiente.

El NREF fundamental que se exhibe es el calculado a partir de la superficie neta de bosques obtenida como resultado de la operación (**bosque estable con cobertura de árboles + superficie que se incorpora cada año a la superficie de bosque con árboles – superficie de bosques que pierde la cobertura de árboles**). O sea, el método empleado es el de pérdidas y ganancias.

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).

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 (ΔCG) por 44/12. De manera particular se analizaron los dos casos siguientes:

- Absorciones en superficie de bosque estable con cobertura de árboles: muestra el incremento de las reservas de carbono pues se trata de áreas que de forma estable conservan su cobertura de árboles y que durante el periodo de análisis no perdieron esa condición.
- Absorciones en superficie total de bosque con cobertura de árboles: muestra el incremento de la superficie cubierta de árboles como alternativa contraria a la deforestación. Es el ejemplo de un resultado concreto de reducción de la deforestación que sobre cumple el objetivo de reducir, pero con el efecto contrario que es incrementar la superficie de bosque. En este caso a la superficie de bosque estable con árboles se le suman las superficies que provienen de la ganancia de bosques y del paso de la superficie de bosque sin árboles a con árboles.

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*):

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

Donde:

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

$L_{remoción-bosques}$ = pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, ton C año⁻¹ (Cosecha o extracción de madera)

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

$L_{perturbación}$ = pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones, ton C año⁻¹ (Otras causas).

La pérdida de carbono por remoción de bosque, en este caso 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*):

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

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

Donde:

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

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

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea

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

$BCEFS$ = 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 reducción anual de las existencias de carbono solamente fue calculada para la remoción de bosque, es decir por la cosecha o extracción de madera. La remoción de madera combustible y las perturbaciones por otras causas que fueran incendios forestales no se calcularon por las razones expuestas en el epígrafe [5.1.3 b\)](#).

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*):

ECUACIÓN 2.27
ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO A CAUSA DEL FUEGO

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

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 lo adelante se ilustran los resultados para cada caso de absorción y emisión analizado:

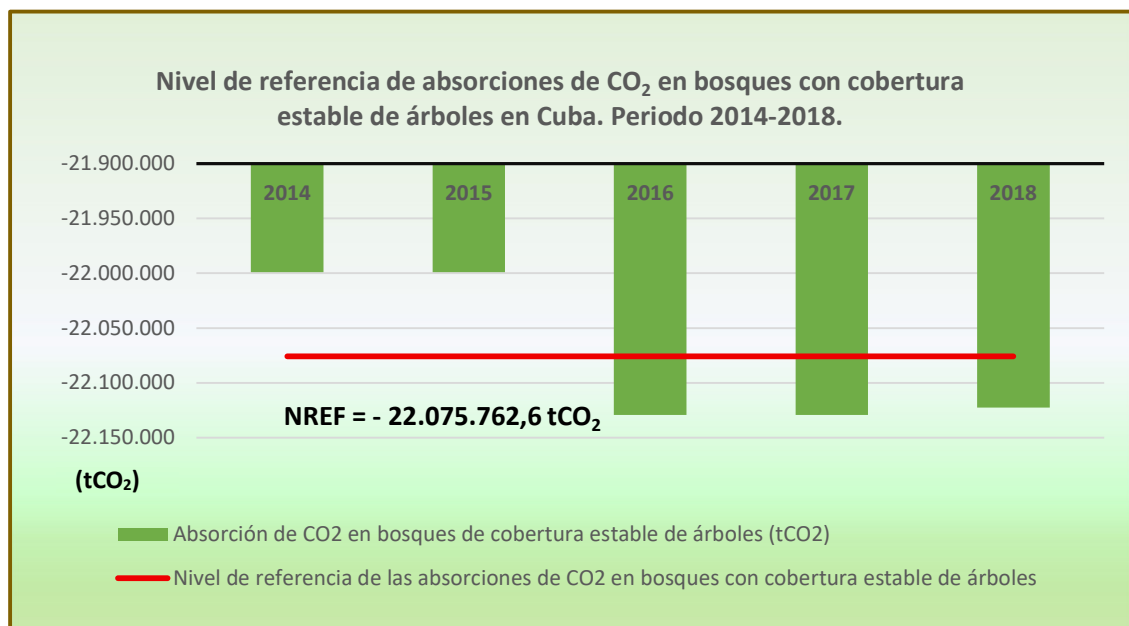
6.1 Absorciones

6.1.1 En bosque estable con árboles

Tabla 18: Absorciones de CO₂ por año en Bosque estable con cobertura de árboles en Cuba y su nivel de referencia. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

| Categorías de Área | Inc. anual de C debido al crecimiento de la biomasa total (tC*ha ⁻¹ *a ⁻¹) | Valor ponderado de la Fracción de C para la materia seca | 2014 | | 2015 | | 2016 | | 2017 | | 2018 | |
|-------------------------------------|--|--|------------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|
| | | | Superficie | Emisión o Remoción anual | Superficie | Emisión o Remoción anual | Superficie | Emisión o Remoción anual | Superficie | Emisión o Remoción anual | Superficie | Emisión o Remoción anual |
| | | | (Kha) | (Kt CO ₂) | (Kha) | (Kt CO ₂) | (Kha) | (Kt CO ₂) | (Kha) | (Kt CO ₂) | (Kha) | (Kt CO ₂) |
| TOTAL | | | 3.367,1 | -21.998,8 | 3.367,1 | -21.998,8 | 3.378,1 | -22.129,4 | 3.378,1 | -22.129,4 | 3.385,6 | -22.122,4 |
| Bosques Naturales | | | 3.204,2 | -18.372,8 | 3.204,2 | -18.372,8 | 3.212,9 | -18.433,7 | 3.212,9 | -18.433,7 | 3.224,7 | -18.507,7 |
| BN Coníferas | 2,88 | 0,4658 | 94,2 | -463,2 | 94,2 | -463,2 | 94,2 | -463,2 | 94,2 | -463,2 | 95,2 | -468,1 |
| Bosque latifoliado (h≥5m) | 3,55 | 0,4662 | 2.682,8 | -16.266,6 | 2.682,8 | -16.266,6 | 2.695,7 | -16.344,5 | 2.695,7 | -16.344,5 | 2.708,5 | -16.422,2 |
| Bosque latifoliado (h entre 2 y 5m) | 1,05 | 0,4620 | 52,5 | -93,1 | 52,5 | -93,1 | 52,5 | -93,1 | 52,5 | -93,1 | 52,5 | -93,1 |
| Manglares | 2,40 | 0,4700 | 374,7 | -1.549,8 | 374,7 | -1.549,8 | 370,6 | -1.532,9 | 370,6 | -1.532,9 | 368,5 | -1.524,3 |
| Plantaciones | | | 163,0 | -3.626,1 | 163,0 | -3.626,1 | 165,1 | -3.695,7 | 165,1 | -3.695,7 | 161,0 | -3.614,7 |
| Pt Coníferas | 9,53 | 0,4738 | 74,2 | -1.228,2 | 74,2 | -1.228,2 | 73,1 | -1.211,5 | 73,1 | -1.211,5 | 70,1 | -1.160,8 |
| Pt Latifolias | 15,60 | 0,4723 | 88,8 | -2.397,9 | 88,8 | -2.397,9 | 92,0 | -2.484,2 | 92,0 | -2.484,2 | 90,9 | -2.453,9 |
| Nivel de Referencia | | | -22.075,7 | | | | | | | | | |

Gráfico 5: Absorciones de CO₂ por año en Bosque estable con cobertura de árboles en Cuba y su nivel de referencia. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

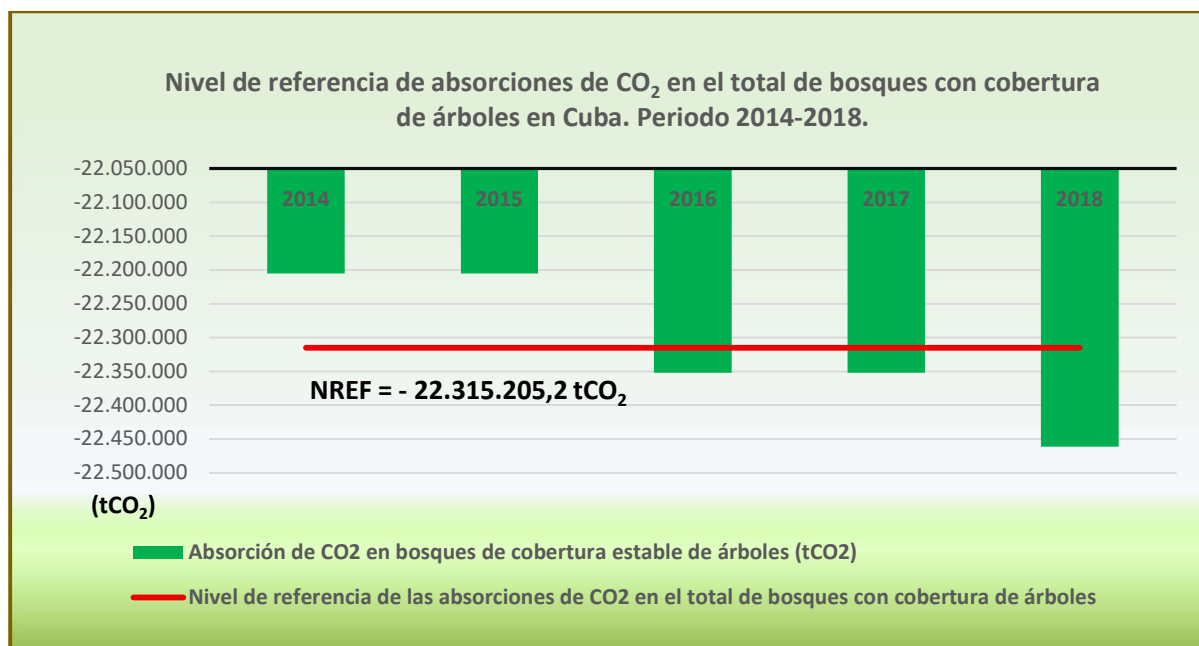


6.1.2 En la superficie total de bosque con árboles

Tabla 19: Absorciones de CO₂ por año en la superficie total de bosque con cobertura de árboles en Cuba y su nivel de referencia. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

| Categorías de Área | Inc. anual de C debido al crecimiento de la biomasa total (tC*ha ⁻¹ *a ⁻¹) | Valor ponderado de la Fracción de C para la materia seca | 2014 | | 2015 | | 2016 | | 2017 | | 2018 | |
|-------------------------------------|--|--|------------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|
| | | | Superficie | Emisión o Remoción anual | Superficie | Emisión o Remoción anual | Superficie | Emisión o Remoción anual | Superficie | Emisión o Remoción anual | Superficie | Emisión o Remoción anual |
| | | | (Kha) | (Kt CO ₂) | (Kha) | (Kt CO ₂) | (Kha) | (Kt CO ₂) | (Kha) | (Kt CO ₂) | (Kha) | (Kt CO ₂) |
| TOTAL | | | 3.390,7 | -22.205,2 | 3.390,7 | -22.205,2 | 3.403,9 | -22.352,0 | 3.403,9 | -22.352,0 | 3.426,2 | -22.461,7 |
| Bosques Naturales | | | 3.224,7 | -18.496,4 | 3.224,7 | -18.496,4 | 3.235,3 | -18.567,5 | 3.235,3 | -18.567,5 | 3.260,2 | -18.722,3 |
| BN Coníferas | 2,88 | 0,4658 | 94,7 | -465,7 | 94,7 | -465,7 | 94,7 | -465,7 | 94,7 | -465,7 | 95,2 | -468,1 |
| Bosque latifoliado (h≥5m) | 3,55 | 0,4662 | 2.702,8 | -16.387,8 | 2.702,8 | -16.387,8 | 2.717,0 | -16.473,8 | 2.717,0 | -16.473,8 | 2.743,5 | -16.634,6 |
| Bosque latifoliado (h entre 2 y 5m) | 1,05 | 0,4620 | 52,5 | -93,1 | 52,5 | -93,1 | 52,5 | -93,1 | 52,5 | -93,1 | 52,5 | -93,1 |
| Manglares | 2,40 | 0,4700 | 374,7 | -1.549,8 | 374,7 | -1.549,8 | 371,1 | -1.534,9 | 371,1 | -1.534,9 | 369,0 | -1.526,4 |
| Plantaciones | | | 166,0 | -3.708,7 | 166,0 | -3.708,7 | 168,6 | -3.784,5 | 168,6 | -3.784,5 | 166,0 | -3.739,4 |
| Pt Coníferas | 9,53 | 0,4738 | 74,2 | -1.228,2 | 74,2 | -1.228,2 | 73,7 | -1.219,8 | 73,7 | -1.219,8 | 71,1 | -1.177,6 |
| Pt Latifolias | 15,60 | 0,4723 | 91,9 | -2.480,6 | 91,9 | -2.480,6 | 95,0 | -2.564,6 | 95,0 | -2.564,6 | 94,9 | -2.561,9 |
| Nivel de Referencia | | | -22.315,2 | | | | | | | | | |

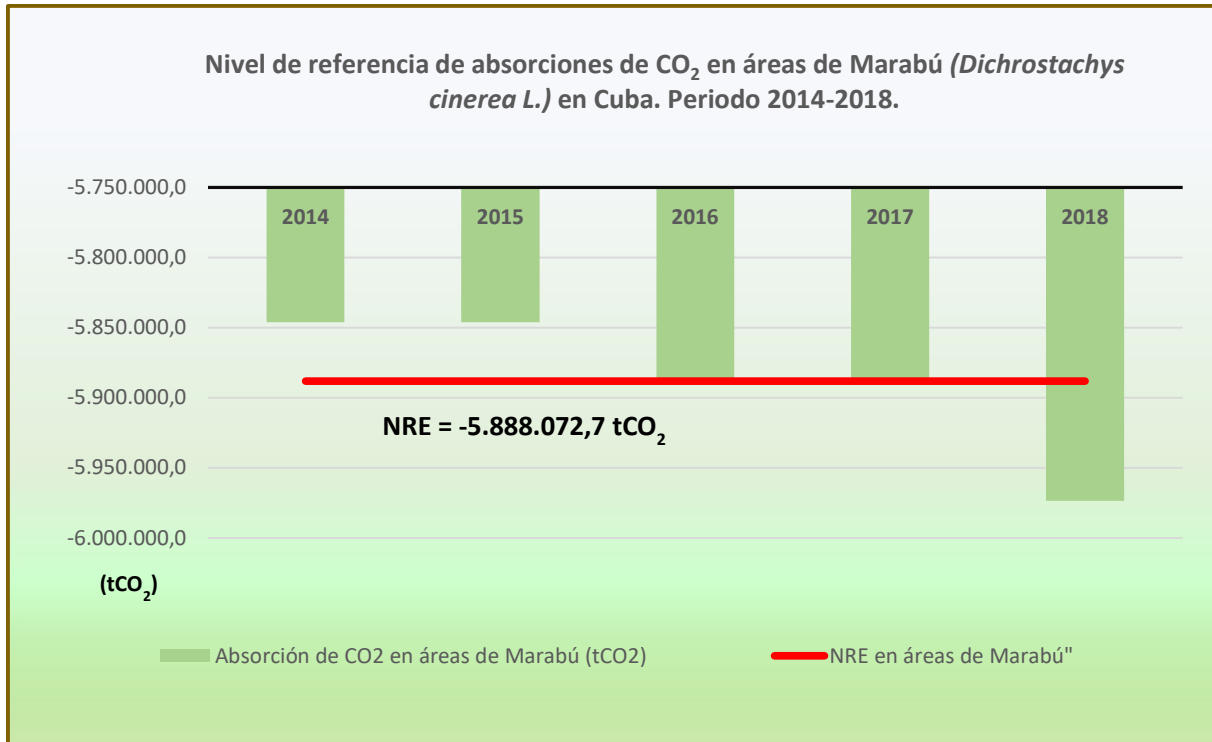
Gráfico 6: Absorciones de CO₂ por año en la superficie total de bosque con cobertura de árboles en Cuba y su nivel de referencia. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).



a) El caso particular de las absorciones en áreas de marabú

Con respecto al marabú los datos de absorción son apenas una aproximación para evaluar las potencialidades de estas áreas como sumideros de carbono.

Gráfico 7: Absorciones de CO₂ aproximadas en superficies cubiertas de marabú (*Dichrostachys cinerea L.*) en Cuba y su nivel de referencia. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).



6.2 Emisiones

6.2.1 Total de emisiones (remoción de bosques + afectaciones por incendios)

Tabla 20: Emisiones total de CO_{2eq} por remoción de bosques (extracción de madera) y por incendios forestales en Cuba. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

| Años | Emisiones por remoción de bosques (tCO ₂) | Emisiones por incendios forestales | | | | | | | | TOTAL DE EMISIONES DE GEI (tCO _{2e}) |
|------|---|---|---|--|------|----------|--|-------------------------------------|-------|--|
| | | GEI (Cantidades y equivalencias a CO ₂) | | | | | Total emisiones incluidas en los NREF (tCO _{2e}) | Emisiones Precursores GEI | | |
| | | CO ₂ (tCO ₂) | CH ₄ (1 tCH ₄ = 28 tCO ₂) (tCH ₄) | N ₂ O (1 tN ₂ O = 265 tCO ₂) (tN ₂ O) | | CO (tCO) | | NO _x (tNO _x) | | |
| 2014 | 1.519.421,6 | 180.722,0 | 777,8 | 21.778,1 | 22,9 | 6.062,2 | 208.562,3 | 11.895,6 | 183,0 | 1.727.983,9 |
| 2015 | 1.574.430,4 | 559.411,6 | 2.407,6 | 67.412,6 | 70,8 | 18.765,1 | 645.589,4 | 36.822,0 | 566,5 | 2.220.019,8 |
| 2016 | 1.461.269,5 | 221.364,3 | 952,7 | 26.675,8 | 28,0 | 7.425,5 | 255.465,6 | 14.570,8 | 224,2 | 1.716.735,1 |
| 2017 | 1.514.313,7 | 445.395,7 | 1.916,9 | 53.673,0 | 56,4 | 14.940,5 | 514.009,2 | 29.317,2 | 451,0 | 2.028.322,8 |
| 2018 | 1.447.124,4 | 312.710,4 | 1.345,8 | 37.683,6 | 39,6 | 10.489,7 | 360.883,7 | 20.583,5 | 316,7 | 1.808.008,0 |

Gráfico 8: Emisiones de CO₂ por remoción de bosque (extracción de madera) en Cuba y su nivel de referencia. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

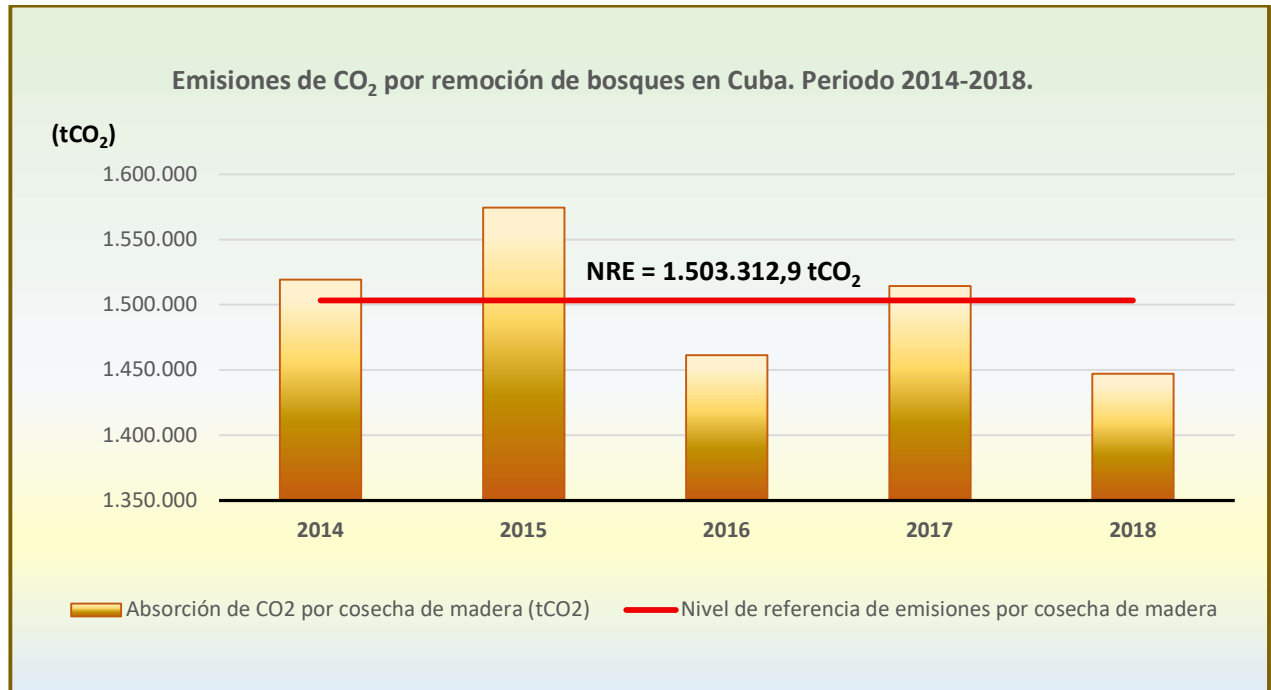
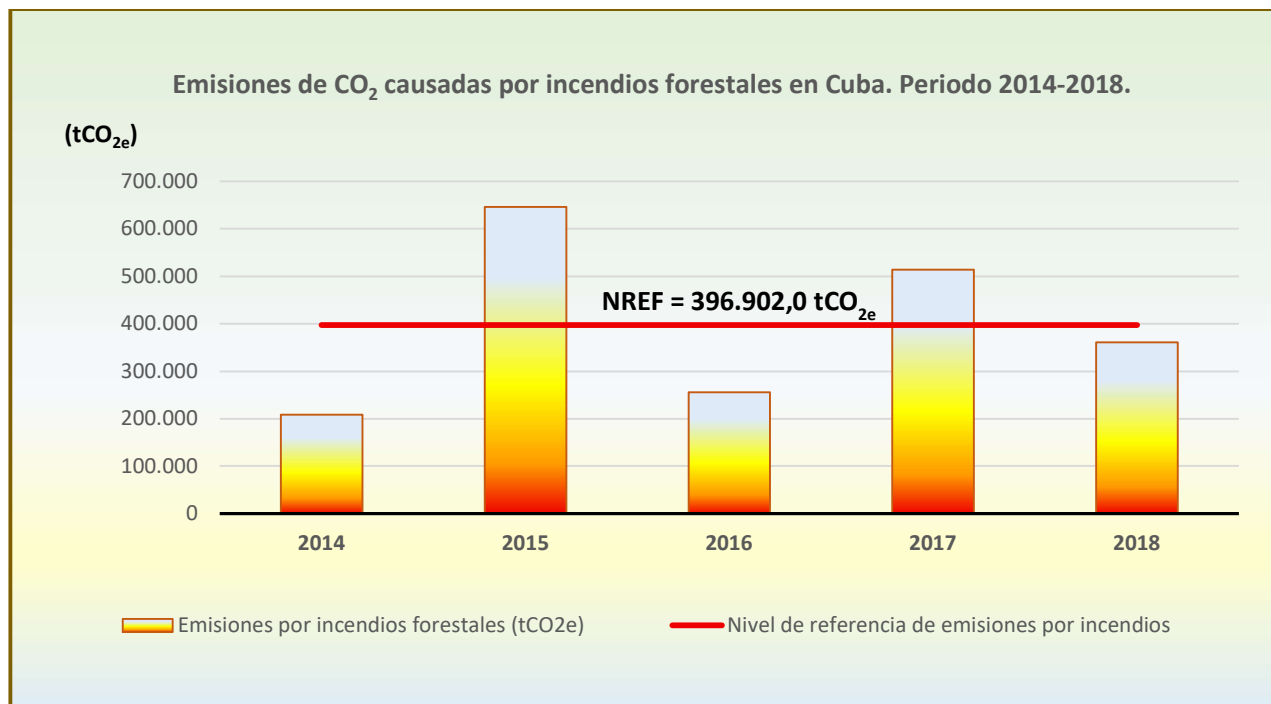


Gráfico 9: Emisiones de CO_{2eq} por incendios forestales en Cuba y su nivel de referencia. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).



6.3 Balance neto de emisiones

Tabla 21: Actividades incluidas en el balance neto de emisiones y su valor anual utilizados en la estimación del NREF. Periodo 2014-2018. No incluye el marabú. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

| Años | Absorciones Bosque con árb. Total | Emisiones por incendios | Emisiones por cosechas | Emisiones/ Absorciones netas |
|------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------|
| 2014 | -22.205.194,5 | 208.562,3 | 1.519.421,6 | -20.477.211 |
| 2015 | -22.205.195,2 | 645.589,4 | 1.574.430,4 | -19.985.175 |
| 2016 | -22.351.965,9 | 255.465,6 | 1.461.269,5 | -20.635.231 |
| 2017 | -22.351.965,9 | 514.009,2 | 1.514.313,7 | -20.323.643 |
| 2018 | -22.461.704,5 | 360.883,7 | 1.447.124,4 | -20.653.696 |

Gráfico 10: Balance de emisiones de CO_{2e} en Cuba. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

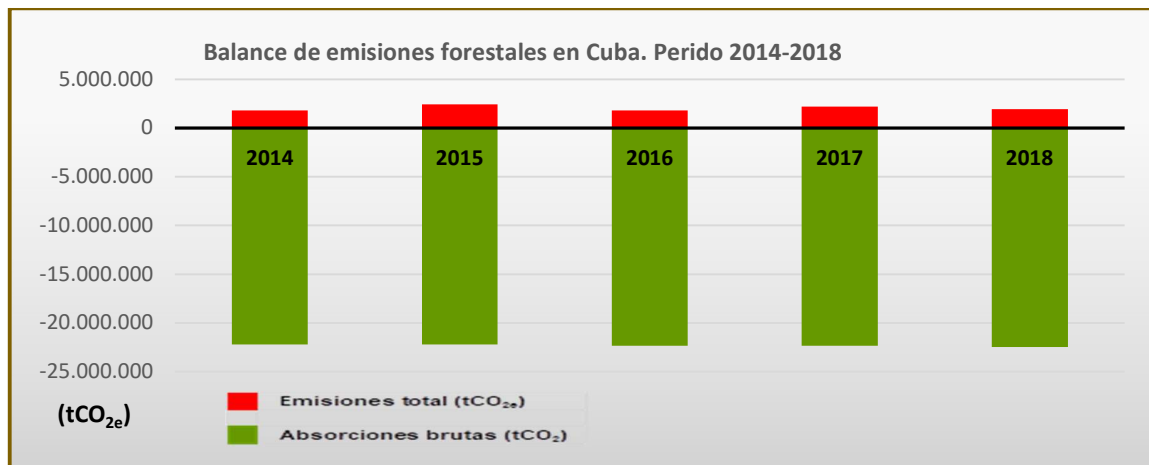
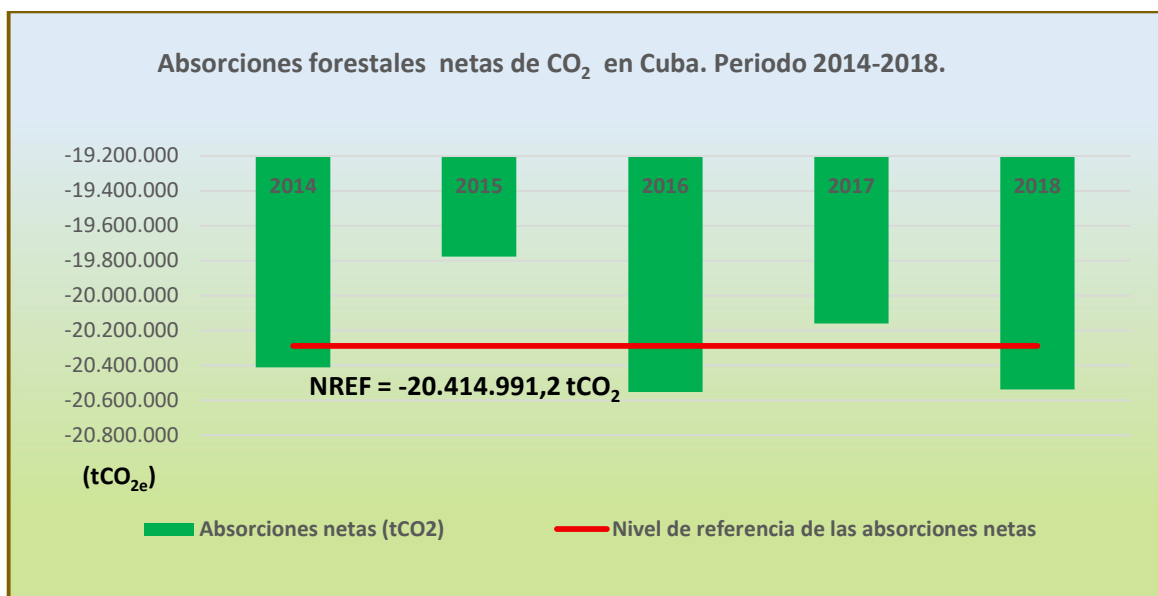


Gráfico 11: Absorciones de CO₂ como resultado del balance neto de emisiones forestales en Cuba y su nivel de referencia. Periodo 2014-2018. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).



7. COMPLETITUD, TRANSPARENCIA, CONSISTENCIA Y PRECISIÓN DE LA INFORMACIÓN

7.1 Información completa y transparente

La información usada para el NREF está disponible, de modo accesible y permite la trazabilidad para poder replicar sus métodos de construcción, de acuerdo con la decisión 12/CP.17. Los procedimientos realizados para obtener los datos de actividad y sus resultados están registrados en la plataforma digital de código abierto de CEO, así como sus bases de datos, e institucionalmente la Dirección del Servicio Estatal Forestal del Ministerio de la Agricultura pone disponibles los procedimientos y bases para el cálculo de las estimaciones de área derivados del muestreo sistemático. Por otra parte, también están disponibles las series de datos de la Dinámica Forestal que registra las estadísticas en cuanto a la cobertura forestal del país; así como los informes sobre el balance neto de emisiones de Cuba que elabora periódicamente el Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.

Los procedimientos para la interpretación visual con la herramienta CEO y para el control de la calidad y sus estimaciones, también están documentados en protocolos que pueden consultarse; y están disponibles las tablas de cálculo de los NREF, algunas incluidas en este propio documento y otras en archivos complementarios. Para los NREF no se tuvieron en cuenta todos los reservorios de CO₂ existentes en los bosques. Solo se consideraron la biomasa aérea y subterránea primando la idea de no generar una diferencia muy marcada con respecto al INGEI ya que en el mismo no están incluidas la necromasa (hojarasca y madera muerta) y el carbono del suelo. Aún cuando es posible utilizar factores por defecto para estos reservorios no incluidos, Cuba no cuenta con suficiente información al respecto. Se pretende, como parte de la mejora continua incorporar dichos reservorios en reportes futuros.

7.2 Consistencia con el INGEI

Con respecto al INGEI se presentan algunas diferencias. En lo adelante se detalla.

a) Datos de actividad

Para el INGEI los datos de actividad se obtuvieron de las estadísticas que genera la Dinámica Forestal, que compila y valida el Servicio Estatal Forestal. Por su parte en la construcción de los NREF se obtuvo la información mediante un ejercicio de fotointerpretación utilizando la herramienta Collect Earth Online. Los datos del INGEI fueron tomados del INGEI 2024 para el periodo 1990-2022 que consta como anexo al IBT de Cuba. En la tabla siguiente se muestra la comparación.

Tabla 22: Superficie de bosques por fuentes de información y sus diferencias. Periodo 2014-2018, Cuba. UM: ha. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

| Detalles | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Superficie de bosques según Dinámica Forestal (DF) | 3.178.000 | 3.184.000 | 3.240.859 | 3.242.266 | 3.269.492 |
| Superficie de bosques según INGEI | 3.192.131 | 3.198.810 | 3.235.023 | 3.238.890 | 3.682.549 |
| Diferencia INGEI-DF | 14.131 | 14.810 | -5.836 | -3.376 | 413.057 |
| Superficie de bosques según CEO | 3.367.143 | 3.367.144 | 3.378.072 | 3.378.072 | 3.385.637 |
| Diferencia CEO-DF | 189.143 | 183.144 | 137.213 | 135.807 | 116.145 |
| Diferencia CEO-INGEI | 175.012 | 168.334 | 143.049 | 139.182 | -296.912 |

En la comparación se descontó la superficie de frutales comerciales que está incluida en el INGEI y no en la Dinámica Forestal. Obsérvese que las diferencias están en el entorno de ± 6 u 8% . Las diferencias, aunque permanecen en un rango aceptable, indica que debe continuarse trabajando en la mejora de los procesos de obtención de datos relacionados con la superficie.

b) Factores de emisión

El hecho de utilizar clasificaciones de bosque diferentes en la determinación de los NREF con respecto a la utilizada en el INGEI, supone que deberían existir diferencias también en la utilización de los factores de emisión. Sin embargo, el empleo de factores de emisión ponderados simplifica la diferencia probable. En caso de existir, la cuestión está en evaluar en qué cuantía considerar que las diferencias son significativas y eso debe verse desde su impacto en las emisiones/absorciones y no en el valor en sí de los factores. Para este trabajo se asume que tal impacto no es significativo.

c) Emisiones/Absorciones

Aun cuando la superficie total de bosques determinada mediante el empleo de CEO resultó ser ligeramente mayor que la superficie de bosques reportada en el INGEI, el valor absoluto de las absorciones resultó ser menor al calcularse las absorciones para el NREF con respecto a las absorciones informadas en el INGEI. [Ver tabla siguiente:](#)

Tabla 23: Diferencia de las absorciones brutas de CO₂ estimadas para el INGEI y los NREF. Periodo 2014-2018, Cuba. UM: tCO₂. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

| Detalles | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Absorciones brutas de CO ₂ (INGEI) | -25.832.847,0 | -25.470.474,0 | -26.317.372,0 | -27.247.407,0 | -28.177.435,0 |
| Absorciones brutas de CO ₂ (NREF) | -22.205.194,5 | -22.205.195,2 | -22.351.965,9 | -22.351.965,9 | -22.461.704,5 |
| Diferencia (INGEI -NREF) | -3.627.652,5 | -3.265.278,8 | -3.965.406,1 | -4.895.441,1 | -5.715.730,5 |

La lógica indica que las absorciones estimadas para los NREF en correspondencia con superficies mayores debían ser mayores, sobre todo si los factores de emisión utilizados no son diferentes en su esencia. Este hecho puede entenderse por dos razones probables fundamentales:

- En el INGEI no se diferenció la superficie de bosque seco con altura entre 2 y 5 metros, la que lógicamente tiene un crecimiento de la biomasa inferior al bosque seco con altura igual o superior a 5m. Esto significa que para esta superficie la estimación sea mayor.
- La utilización en el INGEI de factores de emisión propios para algunas especies y factores por defecto para otras, tanto en bosques artificiales como naturales, a diferencia de un factor único ponderado en una clasificación de bosques diferente para el NREF.
- En el INGEI se incluyeron las plantaciones comerciales de frutales y no se consideraron las emisiones por incendios.

En el periodo evaluado las diferencias entre las absorciones estimadas para el INGEI y la de los NREF se comportan entre el 14 y el 20%, lo que, si bien no son muy altas son de consideración. Ello es solo un indicativo de la necesidad de alinear las metodologías que se utilizan para reducir las fuentes de incertidumbre que generan esas diferencias, aspectos éstos que se incluyen en las propuestas de mejora para futuros reportes.

7.3 Precisión de la información (control de la calidad e incertidumbre asociada)

7.3.1 Control de la calidad

Para el control de la calidad en el proceso de obtención de los datos de actividad se realizaron varias acciones cuyo proceder y resultados se detallan a continuación:

- a) Revisión por parte de un experto durante el llenado de las encuestas a partir de las imágenes en los proyectos de CEO, analizando en colectivo las deficiencias observadas para evitar repetición de errores y ganar en experiencias de interpretación.



Figura 3: Proceso de revisión de la toma de datos.

En la medida en que se realizaba el trabajo de interpretación y toma de datos un experto analizaba los resultados de interpretación escogiendo al azar las parcelas ya interpretadas. En los casos en que se encontraba una interpretación dudosa o errada se sometía al debate colectivo, permitiendo esto esclarecer conceptos y unir criterios logrando un consenso sobre la interpretación adecuada. Posterior a la conclusión del trabajo se realizó otra revisión a la base de datos obtenida. En todo este ejercicio se determinaron 366 parcelas cuya interpretación fue corregida, esto representaba un error del 3,5%. Nótese que no fue significativamente alto.

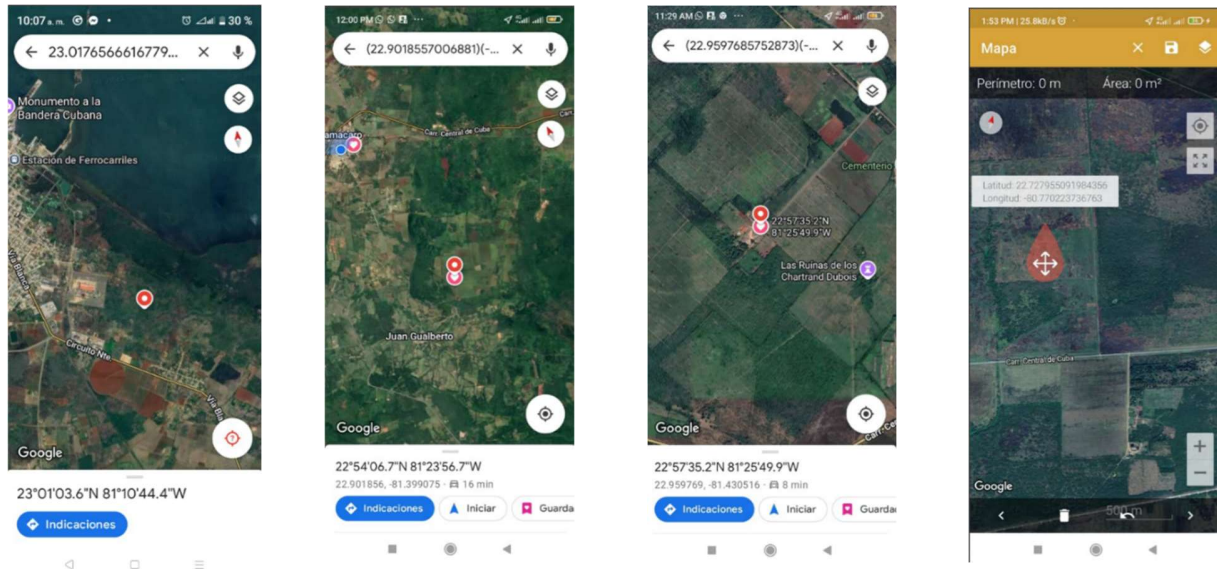
- b) Revisión cruzada entre intérpretes del trabajo realizado.

Del equipo de intérpretes se escogieron cuatro de ellos, quienes en una muestra de 530 parcelas realizaron una revisión cruzada. Esta cantidad representa el 5% del total de parcelas analizadas. En los casos en que la parcela en revisión fue interpretada por uno de los intérpretes escogidos se revisó por los tres restantes intérpretes. Al comparar la interpretación realizada durante la toma de datos, si al menos dos de las interpretaciones de los revisores no coincidía con ella, se consideró con un posible error. En este caso el porcentaje del total de parcelas revisadas que generaron diferencias fue de 18%. Sin embargo, para el caso particular de las parcelas con información sobre bosques las diferencias fueron del 6%. Las principales interpretaciones dudosas se dieron en parcelas donde coincidían varias categorías de uso de la tierra, en especial las que estaban asociadas a asentamientos con árboles u áreas agropecuarias.

- c) Comprobación en campo de los resultados de interpretación.

Además de las variantes anteriores se escogió una muestra totalmente al azar con parcelas generalmente próximas a las vías de acceso para facilitar la comprobación. En ellas especialistas del Servicio Estatal Forestal de los municipios y especialistas de ordenación forestal de las empresas Agro forestales geolocalizaron las parcelas escogidas guiándose por sus coordenadas y realizaron una comprobación en campo de la interpretación realizada. La no coincidencia de lo comprobado en campo con lo interpretado en las imágenes arrojó un error del 2.7%.

Figura 4: Ejemplos de comprobación en campo



De las tres variantes de control de la calidad realizada a la toma de datos dos de ellas dan mejores garantías de que el proceso tuvo una calidad aceptable. Si se tiene en cuenta que en la segunda acción de control para el caso específico de la superficie de bosques el error fue del 6%, entonces puede afirmarse que en sentido general los errores del proceso estuvieron por debajo del 10% lo que para el caso de mediciones forestales es aceptable.

7.3.2 Incertidumbre

El cálculo de la incertidumbre asociada a las emisiones/remociones de gases de efecto invernadero es un proceso muy complejo. Las variables a considerar (datos de actividad, factores de emisión, emisiones, remociones, etc.) son variables aleatorias, dependientes de varios factores que las hacen no ser datos fijos, es decir, sus resultados provienen de distribuciones de probabilidad y las definiciones de estas distribuciones de probabilidad dependen de las características de la variable, de la información disponible y del criterio del analista.

Las condiciones en las que Cuba ha construido sus NREF no permiten realizar un cálculo de la incertidumbre como realmente corresponde. No se cuenta con toda la estructura y cantidad de información que contribuyan a un análisis profundo y por consiguiente a la determinación de la incertidumbre individual de todas las variables que inciden en el resultado final de las emisiones/remociones de GEI. Por ejemplo, los factores de emisión tendrían una incertidumbre combinada que incluye las incertidumbres individuales de: incremento medio anual (este a su vez de las mediciones de diámetro y altura), factor de conversión y expansión de la biomasa, valor de la relación biomasa subterránea/biomasa aérea y el factor de carbono de las diferentes especies o formaciones boscosas que componen los ecosistemas. En este caso se han utilizado valores fijos de estas variables para todos los años determinando un factor de emisión fijo cuando en la práctica esta debiera ser una variable ajustada a las condiciones de cada área según sea la dinámica de su comportamiento.

En la medida en que Cuba avance hacia mejores formas de obtención de datos mediante el establecimiento de un sistema nacional de monitoreo forestal, basado fundamentalmente en el inventario nacional forestal y

la aplicación de herramientas más precisas de monitoreo; se podrá mejorar también en el cálculo de la incertidumbre.

No obstante, a lo expresado anteriormente, en este trabajo se realiza una aproximación con la determinación de los intervalos que se requiere expresar en torno a las emisiones/absorciones recurriendo al cálculo de la incertidumbre tipo A en las variables: datos de actividad, remociones y emisiones con la información nacional obtenida y mediante el cálculo de la desviación estándar a partir de la pequeña serie de datos obtenidos para el periodo 2014-2018. Las ecuaciones para el cálculo de la desviación estándar y la incertidumbre se muestran a continuación. En este caso la incertidumbre calculada es la denominada incertidumbre relativa. [Ver tabla 20.](#)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

S: Desviación estándar

x_i : valor de la variable en cada medida. En este caso se corresponde con el valor de cada variable en cada año.

\bar{x} : valor promedio de cada variable

n: cantidad de datos (cantidad de años)

La incertidumbre se determinó por la expresión:

$$\Delta x = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Donde:

Δx : Valor de la incertidumbre relativa. En este caso se asume como un rango

Tabla 24: Cálculo de la incertidumbre relativa en los datos de actividad y emisiones/absorciones. (Fuente: Dirección Servicio Estatal Forestal, Minag).

| Años | Superficie total de bosque con árboles | Absorciones Bosque con árb. Total | Superficie afectada por incendios | Emisiones por incendios | Volumen total de madera extraída | Emisiones por cosechas |
|-------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------|
| | (ha) | (tCO ₂) | (Kha) | (tCO _{2eq}) | m ³ | (tCO ₂) |
| 2014 | 3.390.698,9 | 22.205.194,5 | 2.710,0 | 208.562,3 | 386.700,0 | 1.519.421,6 |
| 2015 | 3.390.699,3 | 22.205.195,2 | 8.390,0 | 645.589,4 | 400.700,0 | 1.574.430,4 |
| 2016 | 3.403.884,6 | 22.351.965,9 | 3.320,0 | 255.465,6 | 371.900,0 | 1.461.269,5 |
| 2017 | 3.403.884,6 | 22.351.965,9 | 6.680,0 | 514.009,2 | 385.400,0 | 1.514.313,7 |
| 2018 | 3.426.191,6 | 22.461.704,5 | 4.690,0 | 360.883,7 | 368.300,0 | 1.447.124,4 |
| Suma | 17.015.359,1 | 111.576.026,0 | 25.790,0 | 1.984.510,1 | 1.913.000,0 | 7.516.559,6 |
| Media | 3.403.071,8 | 22.315.205,2 | 5.158,0 | 396.902,0 | 382.600,0 | 1.503.311,9 |
| Desviación estándar | 14.508,7 | 109.965,1 | 2.363,9 | 181.887,9 | 12.954,1 | 50.899,4 |
| Incertidumbre relativa | 6.488,5 | 49.177,9 | 1.057,2 | 81.342,8 | 5.793,3 | 22.762,9 |

Al realizar la distribución de la incertidumbre para el caso de las absorciones netas, que es la variable fundamental en la propuesta de NREF, sería la suma de las incertidumbres calculadas para las absorciones brutas del total de la superficie con cobertura de árboles y la del total de emisiones. La incertidumbre de las emisiones total resulta de la suma de la incertidumbre de las emisiones por incendios más la de las emisiones por cosecha de madera. Los detalles son los siguientes:

$$\Delta_x (\text{Absorciones netas}) = \Delta_x (\text{Datos de actividad}) + \Delta_x (\text{Absorciones brutas en bosques con árboles}) + \Delta_x (\text{Emisiones total})$$

$$\Delta_x (\text{Absorciones netas}) = 6.488,5 + 49.177,9 + 1.057,2 + 81.342,8 + 5.793,3 + 22.762,9$$

$$\Delta_x (\text{Absorciones netas}) = \mathbf{166.622,5}$$

De esta forma el rango a establecer sería: $\pm 166.622,5$; por tanto, para el NREF quedaría así:

$$\text{NREF (absorciones netas)} = \mathbf{-20.414.991,2 \pm 166.622,5 \text{ tCO}_2\text{e}}$$

8. FUTURAS MEJORAS PARA EL DESARROLLO DE LA INFORMACIÓN

La estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero requieren de una mejora continua. La cuantificación de ellas con un nivel de error cada vez menor, es decir con mejor precisión resulta del todo beneficioso al proporcionar una mejor información que exprese los resultados de los esfuerzos del país con datos más reales sobre el enfrentamiento al cambio climático.

En la medida en que la información se aleje de las subestimaciones los mecanismos de pago por resultados a los que se puede acceder como mecanismo de financiamiento resultarían más provechosos y en la medida en que se corrijan las sobrestimaciones la información sería más confiable aumentando su credibilidad. Por tanto, las acciones por mejorar los procesos de captación de la información necesaria y el cálculo de las emisiones constituyen un reto permanente. A continuación, se relacionan algunas acciones en las que el país debe continuar trabajando:

- 1) 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. Este es un proceso continuo.
- 2) Realizar el Inventario Forestal Nacional como principal acción del sistema nacional de monitoreo forestal y sistematizar su realización periódica para mantener la actualización de la información necesaria. De recibirse apoyo financiero externo es posible contar con el primer IFN de Cuba en 2028.
- 3) Perfeccionar los procedimientos de captación y análisis de la "Dinámica Forestal" adecuándola a las particularidades del INGEI. Ello implica diferenciar las existencias de los bosques que permanecen como tal, las que se incorporan como resultado de ganancias de bosques provenientes de otros usos de la tierra y las que se pierden porque pasan a otros usos de la tierra. Con esfuerzos nacionales, a partir del establecimiento del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal es posible a partir de 2027 contar con un proceso mejorado de captación de los datos de actividad ajustado a las particularidades del INGEI y futuras presentaciones de NREF.
- 4) Avanzar hacia 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. Aplicar las herramientas más novedosas como parte de la mejora

continua de los métodos de evaluación. Los avances de esta acción forman parte del resultado que se obtenga en la acción anterior.

- 5) Incorporar al INGEI, gradualmente y en la medida de las posibilidades los datos de actividad y reservorios que hasta el momento no se contabilizan. Los avances de esta acción forman parte del resultado que se obtenga en la acción 3).
- 6) Extender el control de la cosecha de productos forestales a todas las formas de gestión, controlar y diferenciar todos los surtidos posibles teniendo en cuenta la clasificación establecida para los tipos de bosques y secciones económicas de las maderas incluyendo de manera específica la obtención de datos relacionados con la extracción de madera combustible (leña). Con la extensión del alcance en el proceso de captación de datos relacionadas con la actividad extractiva es posible contar con una información ajustada a los requerimientos planteados a partir de 2027.
- 7) Generalizar el monitoreo de las perturbaciones y evaluar sus impactos sobre las emisiones/absorciones de manera diferenciada según los tipos de bosques existentes. Para esto se requiere extender a todo el país la aplicación de la metodología para la evaluación de la degradación forestal, lo cual será posible con el IFN.
- 8) Continuar trabajando en la determinación de factores de emisión propios avanzando hacia la especificación por formaciones vegetales, estados de la cobertura y clases de existencia de biomasa. Esto tendrá avance gradual. De hecho, ya el país cuenta con factores de emisión propios en diferentes especies y formaciones boscosas naturales.
- 9) Transitar progresivamente hacia la sustitución del método de Pérdidas/Ganancias empleado actualmente para el inventario de emisiones del Sector por el método de Diferencia de Existencias.

Estas y otras acciones, de una forma u otra, se concibieron como parte del conjunto de acciones que contribuyen al cumplimiento de los objetivos planteados en la Contribución Nacionalmente Determinada que el país asume para el periodo 2020-2030 y propone para 2031-2035. Para ello se requiere del apoyo financiero externo ya que algo más del 50% de las metas comprometidas están condicionadas a eso.

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. Grewer, 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.
- Garea, B. y A. Curbelo. 2013. La Transferencia de Tecnología y el Cambio Climático. Agencia de Medio Ambiente. La Habana, Cuba. 109 p.
- 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-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.



- 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.
- 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 N^o 87. La Habana, Cuba. p. 2091-2140.
- República de Cuba. 2023. Decreto 86 “Del Enfrentamiento al Cambio Climático”. Gaceta Oficial N^o 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.