



Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Sector USCUS

Nombre del Proyecto





www.miambiente.gob.hn

RESUMEN

El presente documento hace la presentación del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) para el sector Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS). La evaluación que es realizada en este sector considera las emisiones/absorciones de carbono, producto de diferentes procesos o los cambios en el uso del suelo y la cobertura boscosa. Este INGEI comprende las pérdidas (por deforestación) y ganancias de cobertura forestal, considerando que esto es el resultado de actividades humanas. Para la estimación de las emisiones netas de CO₂, se necesita contar con los datos de actividad (DA) y los correspondientes factores de emisión (FE) para cada una de las categorías forestales y uso de suelo. Este inventario es parte del INGEI que Honduras remitirá en el primer BUR, el cual es consistente con el Nivel de Referencia de Emisiones Forestales ya sometido a la revisión del equipo evaluador asignado por la CMNUCC.

Bajo este contexto, es de bien presentar los resultados de la presente actualización del INGEI para el sector USCUSS, donde las emisiones totales de CO₂ producto de la conversión de Tierras Forestales a Otras Tierras es de 102,781.18 Gg. Este resultado comprende las emisiones estimadas desde el periodo 2000 al 2015, y se estima que el sector aporta 6,423.82 Gg de CO₂ equivalente por año.

La estimación de la variación anual de carbono en la biomasa viva que corresponde a tierras forestales que permanecen como tales presenta un aumento promedio de 14,814.09 Gg de CO₂ por año en las reservas de biomasa viva, esto como resultado del crecimiento y conservación de los bosques que siguen siendo bosques en el período de tiempo correspondiente al año 2000 al 2015.

Para el caso del aumento anual de carbono producto de que muchas tierras han sido abandonadas (p.ej., tierras de cultivo, pastizales, entre otras) se convierten a tierras forestales (bosque latifoliado húmedo o deciduo, bosque coníferas, bosque mangle), las absorciones o aumento de las reservas de carbono estimadas para este sector a partir del año 2000 al 2015 es de 103.29 Gg CO₂ y en promedio, el aumento anual es de 6.46 Gg CO₂ por año.

ACRÓNIMOS

BUR	Primera Actualización del Reporte Bienal de Honduras
CH4	Metano
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO	Monóxido de carbono
COP	Conferencia de las Partes
CO ₂	Dióxido de Carbono
DA	Datos de Actividad
DNCC	Dirección Nacional de Cambio Climático
ENF	Evaluación Nacional Forestal
FE	Factores de Emisión
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente
Gg	Gigatoneladas
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático
NREF	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales
N ₂ O	Óxido Nitroso
NO _x	Otros Óxidos Nitrosos
PTCN	Proyecto Tercera Comunicación Nacional
USCUSS	Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura

Tabla de Contenido

RESUMEN.....	3
ACRÓNIMOS	4
1. Introducción.....	8
2. Métodos	10
3. Información de actividades y fuentes de datos	12
3.1. Datos de Actividad.....	13
3.1.1. Identificación y detección de pérdidas de bosque	14
3.1.2. Identificación y detección de ganancias de bosque	15
3.1.3. Identificación de áreas de bosques que permanecen como tales	17
3.1.4. Edición y Control de Calidad	18
3.1.5. Evaluación de la Exactitud	18
3.1.6. Resultados de DA.....	21
3.2. Factores de emisión (FE)	24
3.2.1. Control de calidad.....	26
3.2.2. Procesamiento de los datos.....	26
3.2.3. Metodología para cálculo de biomasa total por tipo o estrato de bosque.	27
3.2.4. Resultados (FE).....	28
3.2.5. Estimación de Biomasa	28
3.2.6. Promedio de CO ₂ /ha estimado.....	30
3.3. Otras variables	31
4. Resultados emisiones/absorciones anuales del sector USCUS	37
4.1. Tierras forestales que se convierten en otras tierras.....	37
4.2. Tierras forestales que permanecen como tales.....	40
4.3. Otras Tierras que se convierten a Tierras Forestales	42
5. Resultados Generales del INGEI del sector USCUS	45
6. Conclusiones.....	48
7. Recomendaciones	49

9. Anexos	52
9.1. Matriz 3B1a: Tierras forestales que permanecen como tales	52
9.2. Matriz 3B1bv: Otras tierras que se convierten a tierras forestales	53
9.3. Matriz 3B6bi: Tierras forestales convertidas en otras tierras.....	54

Tabla de Cuadros

Cuadro 1. Homologación de Coberturas Forestales y Usos de Suelo.....	12
Cuadro 2. Áreas (ha) para los cuatro tipos de bosque.	17
Cuadro 3. Matriz de confusión simple en la detección de ganancias y pérdidas de bosque	19
Cuadro 4. Datos de categorías y exactitud obtenidos de validación de los datos de deforestación en los diferentes periodos de análisis	20
Cuadro 5. Datos de categorías y exactitud obtenidos de validación de los datos de ganancias de bosque en los diferentes periodos de análisis.....	21
Cuadro 6. Pérdida promedio de cobertura de bosque por periodos de años.	22
Cuadro 7. Ganancias de cobertura de bosque por periodos de años.	22
Cuadro 8. Áreas de bosque que permanecen como tales.....	23
Cuadro 9. Descripción de depósitos incluidos	25
Cuadro 10. Ecuaciones utilizadas para estimar biomasa	27
Cuadro 11. Toneladas de Biomasa promedio (C_t/ha) según la ENF	29
Cuadro 12. Estimación del contenido de carbono equivalente promedio (C_t/ha) según el NREF y ENF.....	30
Cuadro 13. Estimación de contenido de Dioxido de Carbono promedio (CO ₂ _t/ha)	31
Cuadro 14. Incremento medio anual por tipo de bosque.....	32
Cuadro 15. Densidad promedio de la madera reflejado por tipo de bosques	33
Cuadro 16. Factor de expansión del incremento neto anual a incremento biomasa arbórea en el suelo.	33
Cuadro 17. Factor de relación raíz/tronco	34
Cuadro 18. Aprovechamiento Forestal (m ³ /año) en bosques manejados de Honduras	34
Cuadro 19. Consumo de leña reportado en el INGEI	36
Cuadro 20. Emisiones de CO ₂ en Gg equivalentes por año del sector USCUS	39
Cuadro 21. Variación de carbono procedente del incremento de biomasa viva (Gg CO ₂)	41
Cuadro 22. Aumento anual de carbono en las reservas de biomasa viva (Gg CO ₂)	44
Cuadro 23. Emisiones/Absorciones de CO ₂ procedentes del sector LULUCF	46

Tabla de Imágenes

Imagen 1. Mapa de cambios de cobertura forestal por deforestación.....	15
Imagen 2. Mapa de Ganancias de Cobertura Forestal	16
Imagen 3. Muestras espectrales para la detección de ganancias de bosque en las tres temporalidades analizadas	16
Imagen 4. Ejemplo detección de ganancias en bosque de Mangle y la capa preliminar de GEE	17

Tabla de Gráficos

Gráfico 1. Biomasa promedio por tipo de cobertura (t/ha).....	29
Gráfico 2. Carbono promedio por tipo de cobertura (t/ha).....	30
Nota: en los registros de Aprovechamiento Forestal solo se encuentran datos específicamente para bosque latifoliado y bosque de coníferas	35
Gráfico 3. Distribución del aprovechamiento de madera en m ³ /año.....	35
Gráfico 4. Consumo de leña por tipo de bosque del año 2000 al 2016	37
Gráfico 5. Emisiones de CO ₂ equivalentes por la conversión de tierras forestales a otras tierras.	40
Gráfico 6. Variación anual de carbono procedente del incremento de biomasa viva (Gg CO ₂).....	42
Gráfico 7. Aumento anual de carbono en las reservas de biomasa viva (Gg CO ₂)	45
Gráfico 8. Emisiones y absorciones Gg CO ₂ , del sector USCUS.....	47

1. Introducción

Dentro de los acuerdos tomados ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), específicamente el Artículo 4, párrafo 1 (a), se identifica un compromiso adicional para desarrollar, actualizar periódicamente, publicar y poner a disposición de la Conferencia de las Partes (COP), de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de emisiones antropogénicas por fuentes y absorciones por sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal¹, utilizando metodologías comparables que acuerde la Conferencia de las Partes.

Honduras como país signatario de la CMNUCC y bajo la coordinación de la Dirección Nacional de Cambio Climático (DNCC) de la Secretaría de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas (MiAmbiente+) y mediante la conducción del Proyecto Tercera Comunicación Nacional y Primera Actualización del Reporte Bienal de Honduras (PTCN) implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) con recursos del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés), está trabajando en la elaboración de la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (TCN) y en la Primera Actualización del Reporte Bienal de Honduras (BUR), por lo cual se ha trabajado en la construcción del INGEI como parte esencial para su presentación ante la CMNUCC.

En ese sentido, es importante mencionar que los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) permiten conocer los contaminantes emitidos a la atmósfera y sus aportes específicos al cambio climático. Estos inventarios deben de realizarse en diversos sectores; Energía y Transporte, Industrial, Desechos, Agricultura y USCUS (Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura) con el propósito fundamental de colaborar en la orientación y diseño de estrategias nacionales más efectivas ante los impactos del cambio climático (IPCC 2006). No obstante, para abordar cada sector se ha asignado a diferentes instituciones gubernamentales del país para su respectiva construcción (considerando sus ejes de acción), y para el caso específico del sector USCUS se ha asignado a la Secretaría de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas (MiAmbiente+) y este a su vez emite una coordinación puntual con el Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF).

El presente documento hace la presentación del INGEI para el Sector USCUS, considerando un periodo de tiempo de 15 años (año 2000 al 2015), procurando tener consistencia con el Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de Honduras (NREF)

¹ <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

presentando ante la CMNUCC en el año 2017, y para las respectivas estimaciones de emisiones/absorciones se han utilizado las directrices 2006 brindadas por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), en su volumen número 4, dedicado específicamente al sector AFOLU que incluye al sector USCUS y Agricultura.

La evaluación que se realiza en este sector (USCUS) son las emisiones/absorciones de CO₂, producto de diferentes procesos o los cambios en el uso del suelo y la cobertura boscosa. Esta evaluación comprende las pérdidas y ganancias de bosque por la conversión de otras tierras² a cobertura forestal y pérdidas de bosque, considerando que esto es el resultado de actividades humanas. Para la estimación de las emisiones netas de CO₂, se necesita contar con los datos de actividad (DA) y los correspondientes factores de emisión (FE) por cada una de las categorías forestales y uso de suelo. EL INGEI es el resultado de la multiplicación de datos de actividad por los factores de emisión (DA*FE).

Bajo este contexto, es de bien presentar los resultados de la presente actualización del INGEI para el sector USCUS, donde las emisiones totales de CO₂ producto de la conversión de Tierras Forestales a Otras Tierras es de 102,781.18 Gg. Este resultado comprende las emisiones estimadas desde el año 2000 al 2015, y se estima que el sector aporta 6,423.82 Gg de CO₂ equivalente por año.

La estimación de la variación anual de carbono en la biomasa viva que corresponde a tierras forestales que permanecen como tales presenta un aumento promedio de 14,814.09 Gg de CO₂ por año en las reservas de biomasa viva, esto como resultado del crecimiento y conservación de los bosques que siguen siendo bosques en el período de tiempo correspondiente al año 2000 al 2015.

Y para el caso del aumento anual de carbono producto de que muchas tierras han sido abandonadas (p.ej., tierras de cultivo, pastizales, entre otras) se convierten a tierras forestales (bosque latifoliado húmedo o deciduo, bosque coníferas, bosque mangle), las absorciones o aumento de las reservas de carbono estimadas para este sector a partir del año 2000 al 2015 es de 103.29 Gg CO₂ y en promedio, el aumento anual es de 6.46 Gg CO₂ por año.

² Se refiere a tierras donde su uso ha sido en algún momento cultivos, pastizales, suelos desnudos, entre otras.

2. Métodos

Los cálculos realizados para este sector (USCUSS) se enfocan en las estimaciones de las emisiones/absorciones de gases de efecto invernadero (específicamente CO₂), producto de actividades antropogénicas (actividades relacionadas al uso y cambio de uso de la tierra, así como también, actividades de silvicultura en tierras forestales). Estas actividades son emisores de distintos gases; CO₂, CH₄, CO, N₂O y NO_x. Sin embargo, las estimaciones de las emisiones de gases distintos del CO₂ (CH₄, CO, N₂O y NO_x) no se incluyen en este reporte por presentar vacíos de información para sus respectivos cálculos. Es importante mencionar que los cálculos llevan consigo ciertos niveles de incertidumbre, no obstante, se pretende que conforme se vayan actualizando periódicamente los INGEI se pueda incorporar nuevos datos que permitan disminuir la incertidumbre como tal.

Honduras presentó su primer Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF) ante la Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre Cambio Climático donde se presentó las emisiones históricas de Dióxido de Carbono (CO₂) producto de la deforestación en el sector forestal (emisiones brutas). La información generada en el NREF ha servido de base para la generación del INGEI para el sector USCUSS, partiendo de las metodologías y protocolos para las estimaciones de pérdidas de bosque o cobertura forestal por deforestación en todo el territorio nacional y considerando la utilización de las directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC 2006).

Según el IPCC 2006, el sector USCUSS presenta una dinámica constante de emisión y absorción de CO₂ por todos los cambios de uso de la tierra que pueden producirse en el trascurso del tiempo;

- a. Conversión de tierras forestales a otras tierras (p.ej., bosque a pastizales/cultivos).
- b. Conversión de otras tierras a tierras forestales: Este cambio ocurre mediante la repoblación forestal y la reforestación, ya sea por regeneración natural o artificial. La conversión antropogénica incluye la promoción de la regeneración natural, la creación de plantaciones en tierras no-forestales o en tierras forestales no gestionadas anteriormente, tierras de asentamientos y emplazamientos industriales, abandono de tierras de cultivo, praderas u otras tierras gestionadas, que se regeneran en bosques.
- c. Bosques manejados que han permanecido como tierras forestales durante un periodo largo de tiempo: implica la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (es decir, biomasa aérea,

biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo), así como las emisiones de gases no CO₂.

Para evaluar estos cambios ha sido necesario contar con parámetros metodológicos que encaminan a la obtención de buenos resultados:

- Homologación de las clasificaciones de cobertura forestal y usos de suelo utilizados en el nivel de referencia (mapa base, año 2012) con las macro categorías propuestas por IPCC 2006 (cuadro 1).
- Identificación y estimación de las áreas (has) de ganancias y pérdidas de cobertura forestal (datos de actividad) utilizando imágenes Landsat 5, 7 y 8 (mosaicos para todo el país a partir del año 2000 al 2016). Asimismo, la estimación de áreas (has) de los bosques que siguen siendo bosque en determinado tiempo (año 2000 al 2015).
- Estimación de factores de emisión de CO₂ (Inventario Nacional Forestal) para cada uno de los tipos de cobertura forestal.
- Uso de bases de datos obtenidas de la Unidad de Estadística Forestal del ICF: consumo de leña y aprovechamiento forestal.
- Llenado de las matrices y tablas de reporte regidas por las metodologías del IPCC 2006.

Asimismo, el IPCC dentro de sus directrices recomienda identificar y definir el método (tier 1,2 y 3) para obtener los datos de actividad, (p.ej., censos anuales, sondeos periódicos y detección remota). En cuanto a los factores de emisión también existen 3 niveles (tier 1, 2 y 3). Bajo este contexto, esta actualización del INGEI y el registro de los datos en las matrices de este sector (USCUSS) ha requerido un proceso ordenado, sistemático y riguroso a fin de identificar el nivel o método de gradación (Tier 2, tanto para los DA como para los FE).

Cuadro 1. Homologación de Coberturas Forestales y Usos de Suelo

Macrocategoría	Categorías Mapa Nacional Forestal y Cobertura de la Tierra 2014	Categorías Mapa Base 2012	Categorías Propuestas IPCC 2006	Macrocategoría
Bosque	Bosque Latifoliado Húmedo	Bosque Latifoliado Húmedo	Tierras forestales	Bosque
	Bosque Latifoliado Húmedo Inundable			
	Tique (<i>Acoelorrhaphe wright</i>)			
	Bosque Mixto	Bosque Latifoliado Deciduo		
	Bosque Latifoliado Deciduo			
	Bosque de Conífera Denso	Bosque de Conífera		
	Bosque de Conífera Ralo			
	Bosque de Mangle Alto			
Bosque de Mangle Bajo	Bosque de Mangle			
No Bosque	Vegetación Secundaria Húmeda	Vegetación secundaria	Tierras de Cultivos	Otras Tierras
	Vegetación Secundaria Decidua			
	Cafetales	Cafetales		
	Palma Africana	Palma Africana		
	Agricultura Tecnificada	Agricultura Tecnificada		
	Pastos/Cultivos	Pastos/Cultivos	Pastizales	
	Árboles Dispersos Fuera de Bosque			
	Sabanas	Sabanas		
	Lagos y Lagunas Naturales	Humedales	Humedales	
	Cuerpos de Agua Artificial			
	Otras Superficies de Agua			
	Área Húmeda Continental			
	Camaroneras/salineras			
	Zona Urbana Continua	Asentamientos	Asentamientos	
	Zona Urbana Discontinua			
	Arenal de Playa	Otras Tierras	Otras Tierras	
Suelo Desnudo Continental				

El cuadro 1, presenta las diferentes estructuras de categorías de coberturas forestales y usos de suelo según el insumo requerido y el nivel de adaptación a las categorías estipuladas en el Mapa Base 2012 realizado con imágenes Landsat, estas categorías se adecuan a las categorías determinadas por el IPCC 2006.

El orden y forma de presentar los datos en este INGEI se deriva de la agrupación de dichas categorías, con la salvedad que para este caso se especifica datos de actividad producto de la conversión de los tipos de bosque a no bosque directamente (sin discriminar los tipos de uso de la tierra) y la conversión de no bosque a bosque (estos cambios identificados utilizando una serie de tiempo; años 2000-2006, 2006-2012 y 2012-2015).

3. Información de actividades y fuentes de datos

Una de las principales fuentes de datos para la construcción del INGEI fue el NREF presentado este año (2017) y este ha sido evaluado por un equipo técnico de expertos

nombrado por la CMNUCC. Este documento presenta la estimación de las emisiones derivadas de la deforestación en un periodo de referencia del año 2000-2006, 2006-2012 y 2012-2016. El NREF propuesto tiene un alcance a nivel nacional y considera los depósitos de biomasa aérea, subterránea, madera muerta, árboles muertos, hojarasca y tocones.

Según las directrices dictadas por el IPCC 2006, los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del sector USCUS deben de presentar no solo las emisiones, sino que también las absorciones de carbono producto de actividades antropogénicas, por esta razón ha sido necesario implementar metodologías utilizadas en el NREF (2017) y que son consistentes con las guías de Buenas Prácticas del IPCC 2003 y las directrices 2006 para calcular datos de actividad e identificar y determinar áreas de ganancias de bosque (absorciones) en todo el territorio nacional. En este sentido el INGEI refleja las emisiones³ y absorciones de CO₂ ocurridas en Honduras en el periodo de tiempo que va del año 2000 al año 2015, por lo tanto, se presentan las emisiones netas en una serie histórica de 15 años, lo cual servirá para identificar las medidas de mitigación a implementar en el futuro.

Esta evaluación comprende las pérdidas y ganancias de bosque por la conversión de otras tierras⁴ a cobertura forestal y pérdidas de bosque, considerando que esto es el resultado de actividades humanas. Para la estimación de las emisiones netas de CO₂, se necesita contar con los datos de actividad (DA) y los correspondientes factores de emisión (FE) por cada una de las categorías forestales y de otros usos de suelo, y la utilización de otras variables (producción de leña, aprovechamiento forestal, entre otras). EL INGEI es el resultado de la multiplicación de datos de actividad por los factores de emisión (DA*FE).

3.1. Datos de Actividad

Los datos de actividad se elaboraron a partir de un mapa base⁵ de cobertura y uso de la tierra 2012 y el mapa de tipología de bosques en Honduras, el cual indica que en el país existen cuatro macro ecosistemas, los cuales se desea conocer su dinámica en el periodo de análisis y así determinar cuál es el más afectado por la deforestación. Los macro ecosistemas que contiene el mapa de tipología son: Bosque Latifoliado Húmedo (50.75%), Bosque Latifoliado Decídúo (20.81%), Bosque Conífera (25.85%) y Bosque de

³ Las emisiones antropogénicas y absorciones por sumideros de gases de efecto invernadero se definen como aquellas que se producen en «tierras gestionadas».

⁴ Se refiere a tierras donde su uso ha sido en algún momento cultivos, pastizales, suelos desnudos, entre otras.

⁵ El mapa base fue obtenido del resamplio del mapa forestal y cobertura de la tierra en la República de Honduras elaborado con imágenes de alta resolución del sensor RapidEye generando así un mapa base a nivel nacional con el sensor Landsat

Mangle (80.81%). Se utilizaron imágenes satelitales de mediana resolución espacial provenientes del sensor satelital Landsat para la generación de mosaicos (2000, 2006, 2012 y 2016) a nivel nacional, los cuales fueron la base en la identificación de los cambios en las coberturas forestales del país, tanto pérdidas como ganancias (NREF).

3.1.1. Identificación y detección de pérdidas de bosque

Para la identificación y detección de las pérdidas de bosque (Imagen 1) se utilizó la plataforma de Google Earth Engine (GEE), utilizando el proceso de detección de cambios de forma semi automatizada, la cual consistió en desarrollar y ejecutar un Script especializado que incluye una serie de algoritmos entre los que se destacan el método de clasificación llamado “Árbol de clasificación y regresión “(CART⁶). Dentro del Script se establecieron muestras espectrales para determinar cambios por deforestación en los diferentes tipos de bosque que comprende el país.

El Script combina una serie de procesos que contemplan el uso de imágenes compuestas en función de diferentes temporalidades basadas en la selección del mejor pixel (nubosidad de 10% en un período de tiempo determinado). Como resultado del script se cuantificó y clasificó la superficie del país según las siguientes categorías. Como resultado de este proceso se establecieron las siguientes clasificaciones:

-Bosque Estable: Constituye aquella superficie que ha sido clasificada como bosque en el periodo inicial (año 2000) y se mantiene como tal en los años siguientes (hasta 2016).

-No Bosque Estable: Constituye aquella superficie que ha sido clasificada como No Bosque en el periodo inicial de análisis (año 2000), y se mantiene en esa categoría en los años siguientes (hasta el 2016).

-Pérdida en la Superficie cubierta por Bosque: Es la diferencia entre la superficie de bosque detectada en el periodo inicial y la superficie de bosque detectada en el periodo final. Para el país se determinaron tres períodos (2000 – 2006, 2006 – 2012 y 2012 – 2016). Solamente considera el cambio de un área de Bosque Estable a No Bosque Estable.

⁶ Classification and Regression Trees. L. Breiman, J. Friedman, R. Olshen, C. Stone Chapman y Hall, 1984. Es un método de clasificación basado en un árbol de decisión estadístico, el cual combina diferentes parámetros en función de muestras establecidas.

Imagen 2. Mapa de Ganancias de Cobertura Forestal



Imagen 3. Muestras espectrales para la detección de ganancias de bosque en las tres temporalidades analizadas

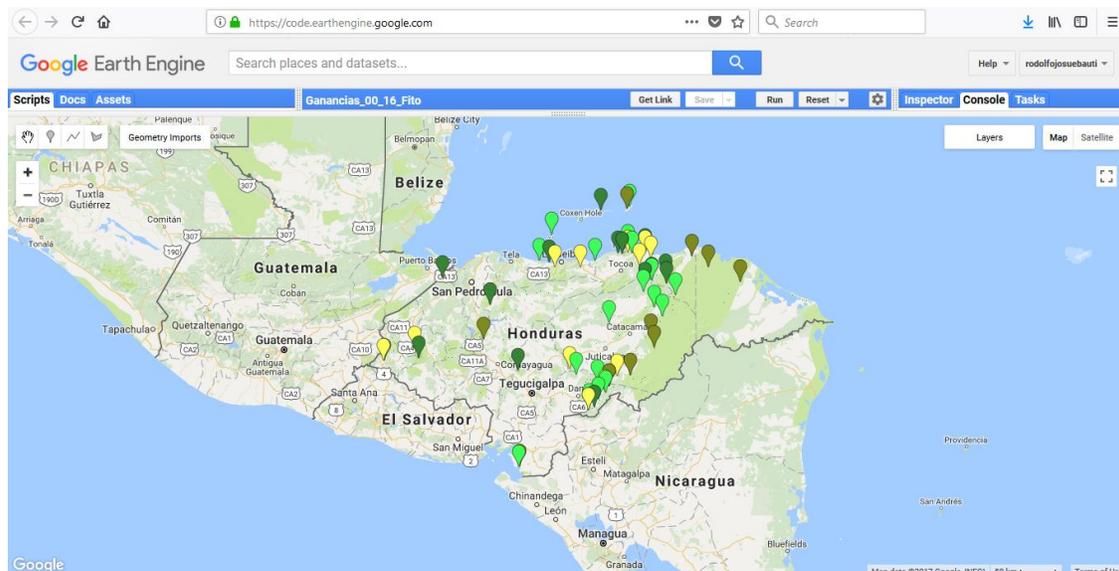
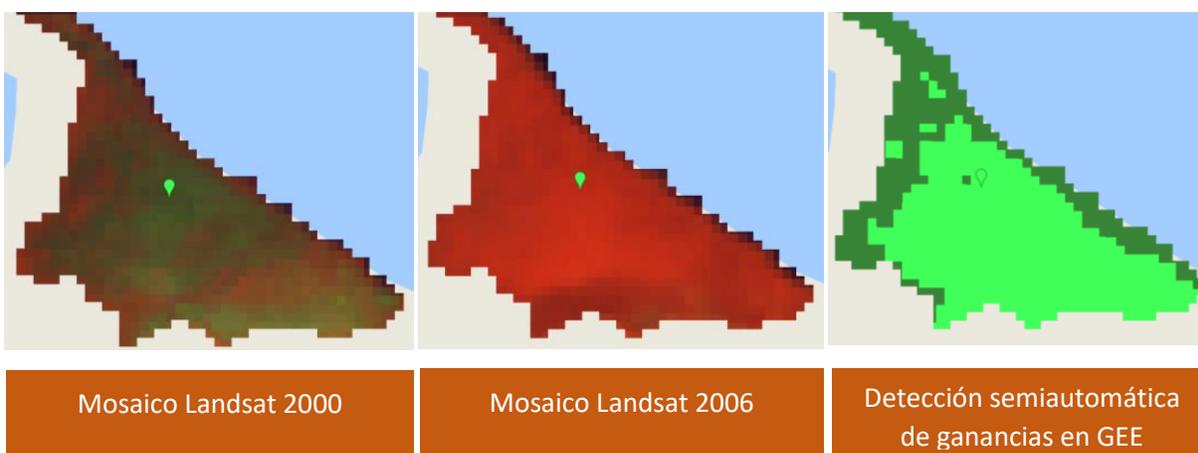


Imagen 4. Ejemplo detección de ganancias en bosque de Mangle y la capa preliminar de GEE



Mosaico Landsat 2000

Mosaico Landsat 2006

Detección semiautomática de ganancias en GEE

3.1.3. Identificación de áreas de bosques que permanecen como tales

La estimación de áreas de bosques estables se realizó en tres etapas: obtención del mapa base 2012, Mapa de Tipología de Bosques de Honduras, Mapa de Cambios por Deforestación de Honduras. El mapa base contiene la información espacial de bosque y no bosque producto de la agrupación de las categorías. Luego se realizó un intersect con la capa de tipología del país para determinar las áreas de bosque para los cuatro tipos de bosque.

Los resultados de esas áreas obtenidas son:

Cuadro 2. Áreas (ha) para los cuatro tipos de bosque.

Cobertura	Área/ha 2012
No Bosque	4,528,330.18
B. Latifoliado Húmedo	3,738,751.46
B. Conífera	1,991,710.84
B. Mangle	50,846.63
B. Latifoliado Deciduo	744,834.32
Cuerpos de Agua	219,960.02
Total	11,274,433.45

La siguiente etapa para estimar las áreas de bosques estables de forma anual para el periodo de construcción del INGEI (2000-2015) es realizar operaciones matemáticas

(sumas y restas) con las áreas de pérdidas obtenidas del Mapa de Cambios por Deforestación de Honduras, las cuales se presentaron en el NREF, 2017. Por ejemplo, para la estimación del bosque estable del año 2000, se realizó la suma de las pérdidas totales de bosque para los periodos 2000-2006 y 2006-2012. Posteriormente se inició con la resta de las áreas convertidas de bosque a no bosque para cada tipo de bosque según el Mapa de Cambios por Deforestación del País.

3.1.4. Edición y Control de Calidad

Luego de ejecutar el proceso semi automatizado se obtuvo el primer resultado de los cambios en las coberturas boscosas (pérdidas y ganancias de bosque), con éste se procedió a realizar una revisión y edición de forma manual para depurar la información y mejorar los cambios detectados. Para la edición de cambios se utilizaron los mosaicos generados para el país y se procesaron en el programa Erdas Imagine a través de las herramientas de digitalización de polígonos (AOI) y recodificación.

Con el propósito de mejorar la calidad de los datos se realizaron actividades de control de calidad durante todo el proceso, las cuales consistieron en hacer rotación de áreas de clasificación entre personal responsable del proceso de edición.

Por otra parte, de manera visual se utilizaron datos de cambios filtrados a 1 ha de la base de datos de Hansen (aplica solo para las pérdidas) para realizar comparaciones y mejorar los datos generados.

3.1.5. Evaluación de la Exactitud

Considerando las sugerencias planteadas en el capítulo 2, sección 2.4.4.1 y el capítulo 5, sección 5.3.4.1 de las guías de buenas prácticas (IPCC, 2003), donde se establece la realización de una validación de la exactitud temática y estimación de proporciones de áreas para la presentación de mapas ante la CMNUCC. Bajo este contexto se utilizó la metodología de estimación del área y evaluación de exactitud de cambios en la tierra establecida por (Olofsson, 2014), la cual contempla la unidad de evaluación espacial (píxeles, bloque de píxeles o segmentos), fuentes de información de referencia, construcción de matrices de error, estimaciones de exactitud y corrección de áreas. No obstante, este último paso no fue desarrollado debido al incremento significativo de las pérdidas por deforestación para el periodo 2012-2016 el cual impactaba directamente con la tasa de deforestación anual. Por tal razón, tampoco se realizó el proceso de corrección de áreas en los resultados obtenidos en las ganancias, por lo que se presentan las áreas originales obtenidas de los mapas.

La información sujeta a la evaluación de exactitud corresponde a 20 categorías del mapa de cambios por deforestación los cuales comprenden para cada tipo de bosque (4) una clase de Bosque Estable, No Bosque Estable, pérdidas para el período 2000-2006,

pérdidas 2006-2012 y pérdidas 2012-2016. Para la estimación del tamaño de la muestra se utilizó la fórmula establecida por Cochran 1977 citado por (FAO, 2015), la cual dio como resultado un total de 2768 polígonos (segmentos) necesarios para la evaluación de exactitud del mapa. Seguidamente se distribuyeron en las 20 categorías del mapa, en donde se definió un número mínimo de 100 polígonos (con excepción de 2 categorías de mangle el cual se definió un total de 25) y el resto se distribuyeron de manera proporcional al área de categoría del mapa. Seguidamente se seleccionaron de manera aleatoria para su posterior validación. Se definió como unidad de evaluación espacial los segmentos con un área mínima de 1 ha.

Para la evaluación de exactitud de la capa de ganancias se definieron 12 categorías, las cuales se refieren a las ganancias por tipo de bosque para cada temporalidad analizada. Luego se estimó el tamaño de la muestra considerando las áreas del mapa, exactitud esperada para cada categoría, error esperado del mapa, entre otras variables que contempla la fórmula establecida por Cochran 1977 citado por (FAO, 2015). El tamaño de la muestra para validar las ganancias es de 1590 polígonos. Seguidamente se distribuyeron en las 12 categorías en las que se definió un mínimo de 100 polígonos (con excepción de 3 categorías de mangle con 18 polígonos) y el resto se distribuyeron de manera proporcional al área de categoría del mapa.

Con el objetivo de realizar la evaluación de exactitud con el involucramiento de una institución externa al proceso de generación del mapa de cambios (tanto ganancias como las pérdidas de bosque), se contó con la participación de 3 intérpretes asignados por la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) (cuadro 3).

Cuadro 3. Matriz de confusión simple en la detección de ganancias y pérdidas de bosque

Clases Referencia/ Mapa	Bosque estable	Ganancia 00-06	Ganancia 06-12	Ganancia 12-16	No Bosque estable	Pérdida 00-06	Pérdida 06-12	Pérdida 12-16	Total, general
Bosque estable	802				5	3	2	6	818
Ganancia 00-06	36	513	10		11		1		571
Ganancia 06-12	29	26	449	1					505
Ganancia 12-16	19	9	16	361	11		1	4	421
No Bosque estable	15				506	1		5	527
Pérdida 00-06	9				4	425	2		440
Pérdida 06-12	20				10	8	365	6	409
Pérdida 12-16	9				1		1	563	574

Total general	939	548	475	362	548	437	372	584	4265
----------------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------

El resultado de la exactitud global del mapa de cambios por deforestación es de 96.13%. Para el caso de la exactitud global del mapa de ganancias de bosque es de 87.71% y las exactitudes para cada categoría analizada se presentan en el cuadro 3 y 4.

Cuadro 4. Datos de categorías y exactitud obtenidos de validación de los datos de deforestación en los diferentes periodos de análisis

Categoría	Descripción	Exactitud/categoría
1_1	Latifoliado húmedo_bosque estable	96.15%
1_2	Latifoliado húmedo_no bosque estable	98.17%
1_5	Latifoliado húmedo_pérdida 00-06	85.50%
1_6	Latifoliado húmedo_pérdida 06-12	93.15%
1_7	Latifoliado húmedo_pérdida 12-16	52.13%
2_1	Conífera_bosque estable	96.68%
2_2	Conífera _no bosque estable	99.91%
2_5	Conífera _pérdida 00-06	65.07%
2_6	Conífera _pérdida 06-12	45.11%
2_7	Conífera _pérdida 12-16	39.27%
3_1	Mangle_bosque estable	99.51%
3_2	Mangle_no bosque estable	97.41%
3_5	Mangle_pérdida 00-06	25.34%
3_6	Mangle_pérdida 06-12	100.00%
3_7	Mangle_pérdida 12-16	75.95%
4_1	Latifoliado Decíduo_bosque estable	97.95%
4_2	Latifoliado Decíduo_no bosque estable	99.99%
4_5	Latifoliado Decíduo_pérdida 00-06	97.48%
4_6	Latifoliado Decíduo_pérdida 06-12	100.00%
4_7	Latifoliado Decíduo_pérdida 12-16	100.00%

Cuadro 5. Datos de categorías y exactitud obtenidos de validación de los datos de ganancias de bosque en los diferentes periodos de análisis

Clase Mapa	Descripción	Exactitud estimada
1_10	Latifoliado_Húmedo_Ganancia 12_16	100%
1_8	Latifoliado_Húmedo_Ganancia 00_06	98%
1_9	Latifoliado_Húmedo_Ganancia 06_12	98%
2_10	Conífera_Ganancia 12-16	99%
2_8	Conífera_Ganancia 00-06	88%
2_9	Conífera_Ganancia 06-12	96%
3_10	Mangle_Ganancia 00-06	84%
3_8	Mangle_Ganancia 06-12	92%
3_9	Mangle_Ganancia 12-16	99%
4_10	Latifoliado_Deciduo_Ganancia 00-06	100%
4_8	Latifoliado_Deciduo_Ganancia 06-12	86%
4_9	Latifoliado_Deciduo_Ganancia 12-16	92%

3.1.6. Resultados de DA

El análisis de los mapas de cambio en las temporalidades años 2000 al 2016 para todo el país⁷, brindó los siguientes resultados; la pérdida total de bosque es de 372,856.90 has, con un promedio de pérdida por año de 23,303.56 has (cuadro 3). Para el caso de las ganancias de bosque, el total es de 37,677.46 has, con un promedio por año de 2,354.84 has (cuadro 4). Para el caso de las tierras forestales que permanecen como tales las áreas identificadas se presentan en el cuadro 6.

⁷Para el caso de las pérdidas y ganancias de bosque se utilizan los promedios de ganancias/perdidas por cada período, en el primer y segundo periodo seis años y para el tercer periodo 4 años.

Cuadro 6. Pérdida promedio de cobertura de bosque por periodos de años.

Cobertura	Promedio, de área por periodo de años/cobertura			
	2000-2006	2006-2012	2012-2016	2000-2016
	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)
B. Latifoliado Húmedo	11,922.25	21,297.58	19,800.27	17,407.51
B. Conífera	4,819.67	1,671.72	801.34	2,634.61
B. Mangle	14.40	10.23	261.75	74.68
B. Latifoliado Deciduo	3,370.73	3,862.07	1,897.86	3,186.77
Total	20,127.06	26,841.60	22,761.22	23,303.56

El cuadro 6, muestra las pérdidas de cobertura forestal en cada uno de los tipos de bosque, producto de la deforestación. Se destaca que la cobertura con mayor pérdida de bosque anual es el bosque latifoliado húmedo con un promedio de 17,407.51 has/año.

Cuadro 7. Ganancias de cobertura de bosque por periodos de años.

Cobertura	Promedio, de área por periodo de años/cobertura			
	2000-2006	2006-2012	2012-2016	2000-2016
	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)
B. Latifoliado Húmedo	1,609.02	1,079.65	1,108.69	1,285.43
B. Conífera	548.57	567.91	391.88	516.65
B. Mangle	214.62	39.8358	16.00	99.42
B. Latifoliado Decídúo	401.98	486.06	481.34	453.35
Total	2,774.19	2,173.45	1,997.91	2,354.84

El cuadro 7, muestra las ganancias de cobertura forestal en cada uno de los tipos de bosque, donde se destaca que la cobertura con mayor ganancia por año es el bosque latifoliado húmedo con un promedio de 1,285.42 has/año.

Cuadro 8. Áreas de bosque que permanecen como tales

Cobertura	Identificación de has de bosque que permanecen como tales					
	Año					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)
B. Conífera	2,030,65 9.21	2,025,83 9.54	2,021,01 9.86	2,016,20 0.19	2,011,38 0.52	2,006,56 0.84
B. Latifoliado Húmedo	3,938,07 0.46	3,926,14 8.21	3,914,22 5.96	3,902,30 3.71	3,890,38 1.46	3,878,45 9.21
B. Latifoliado Deciduo	788,231. 14	784,860. 41	781,489. 67	778,118. 94	774,748. 20	771,377. 47
B. Mangle	50,994.4 3	50,980.0 3	50,965.6 3	50,951.2 3	50,936.8 3	50,922.4 3
-	Año					
Cobertura	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)
B. Conífera	2,001,74 1.17	2,000,06 9.45	1,998,39 7.72	1,996,72 6.00	1,995,05 4.28	1,993,38 2.56
B. Latifoliado Húmedo	3,866,53 6.96	3,845,23 9.37	3,823,94 1.79	3,802,64 4.21	3,781,34 6.63	3,760,04 9.04
B. Latifoliado Deciduo	768,006. 73	764,144. 67	760,282. 60	756,420. 53	752,558. 46	748,696. 39
B. Mangle	50,908.0 3	50,897.8 0	50,887.5 6	50,877.3 3	50,867.0 9	50,856.8 6
-	Año					
Cobertura	2012	2013	2014	2015	-	-
	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	Área (ha)	-	-
B. Conífera	1,991,71 0.84	1,990,90 9.50	1,990,10 8.16	1,989,30 6.83	-	-
B. Latifoliado Húmedo	3,738,75 1.46	3,718,95 1.18	3,699,15 0.91	3,679,35 0.63	-	-
B. Latifoliado Deciduo	744,834. 32	742,936. 46	741,038. 60	739,140. 74	-	-
B. Mangle	50,846.6 3	50,584.8 8	50,323.1 3	50,061.3 8	-	-

El cuadro 8, muestra las áreas (has) de bosque que se han mantenido como tal en el transcurso del tiempo (periodo de tiempo del año 2000 al 2015).

3.2. Factores de emisión (FE)

Se emplearon datos específicos del país colectados mediante Inventario Nacional Forestal, realizado a escala nacional en el periodo 2005-2006 (ciclo I) y la Evaluación Nacional Forestal y Biodiversidad (ENFB), realizada en el periodo 2011-2015 (ciclo II) por el Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) (para efecto del presente documento, llamaremos INF a ambos ciclos).

El INF se realizó con base a criterios e indicadores que fueron desarrollados a partir de una actualización de los resultados del proceso centroamericano de Lepaterique para la ordenación forestal sostenible realizado en 1997 (CCAD, 2004). Además, se consideraron los criterios propuestos por el Programa de Evaluación de Recursos Forestales Mundiales de FAO (FAO, 2000), elementos del actual Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) (PRONAFOR, 2004) y la Ley Forestal vigente. El diseño del INF se basa en 7 criterios, 31 indicadores y 98 variables.

Debido a que el diseño del INF solo contempla la medición de 2 UM en B. Mangle y que dicha categoría presenta un error de estimación significativo, Honduras decidió utilizar los valores de FE obtenidos de un estudio local sobre análisis de carbono orgánico total en manglares del Parque Nacional Jeannette Kawas (Rivera-Monroy, 2013). Sin embargo, este estudio solo contempla la estimación de biomasa y carbono aéreo.

El INF tiene un diseño de muestreo estadístico tomando como base el área total del país (112,492 Km²). El muestreo contempla el levantamiento de datos dentro y fuera de las áreas de bosque, lo que permite recabar información de los recursos en todas las áreas productivas del país; además, esta consideración también permite realizar un diagnóstico para evaluar la dinámica de los ecosistemas forestales degradados.

El diseño estadístico del INF tuvo un muestreo sistemático, para lo cual se definió una malla de puntos cada 10 minutos en latitud y 10 minutos en longitud haciendo un total de 340 unidades de muestreo, de las cuales por dificultad de acceso y falta de recursos solo se midieron 181(ciclo I) y 263 (ciclo II).

El INF incluyó en el ciclo I la medición y cuantificación de biomasa y carbono en los siguientes depósitos: biomasa aérea y subterránea, tocones y árboles muertos. En la II medición del INF se incorporaron los depósitos de hojarasca y madera muerta caída (cuadro 9). A continuación, se describen los depósitos antes mencionados:

Cuadro 9. Descripción de depósitos incluidos

Depósito Forestal (pool)		Descripción
Biomasa	Biomasa aérea	Toda la biomasa de la vegetación viva, tanto maderera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluidos tallos, cepas, ramas, corteza, semillas y follaje. Nota: En los casos en los que el sotobosque sea un componente menor del depósito de carbono de la biomasa aérea, es aceptable que se lo excluya para las metodologías y los datos asociados que se utilizan en ciertos niveles, siempre que éstos se empleen de manera coherente a lo largo de toda la serie temporal del inventario.
	Biomasa subterránea	Toda la biomasa de las raíces vivas. A menudo, las raíces finas, de menos de 2 mm de diámetro, se excluyen porque no se les puede distinguir de la materia orgánica del suelo o de la hojarasca.
Materia orgánica muerta	Madera muerta	Incluye toda la biomasa leñosa no viviente que no está contenida en la hojarasca, ya sea en pie, tendida en el suelo o enterrada. La madera muerta incluye la madera tendida en la superficie y raíces muertas. Para Honduras se sugieren diámetros ≥ 5 cm.
	Hojarasca/detritus no vivos	Incluye toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite establecido para la materia orgánica del suelo (sugerido 2 mm) y menor que el diámetro mínimo elegido para la madera muerta (p. e. 5 cm), que yace muerta, en diversos estados de descomposición por encima del suelo mineral u orgánico. Incluye la capa de hojarasca como se la define habitualmente en las tipologías de suelos. Las raíces vivas finas por encima del suelo mineral u orgánico (por debajo del diámetro mínimo límite elegido para la biomasa subterránea, 2mm) se incluyen con la

		hojarasca cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente.
	Tocones	Parte del tronco de un árbol que permanece unida a las raíces después de un aprovechamiento (igual o mayor a 10 cm). En caso de que sea un tronco quebrado por viento se considerara tocón si es menor a 3 m desde el suelo.
	Árboles muertos	Incluye toda la biomasa leñosa no viviente que está contenida en pie.

Para la información de carbono en el suelo, Honduras utiliza la clasificación realizada por la FAO en 1965, la cual tiene una actualización que lleva por nombre FAO WRB 2006-2010 que contiene 9 clases de suelo, con información sobre profundidad, origen, textura, etc, sin incluir información acerca del carbono en suelos orgánicos o minerales.

3.2.1. Control de calidad

Se llevó a cabo un proceso de control de calidad en ambas mediciones del INF. En la primera medición, el control de calidad lo realizó el equipo de inventario FAO-COHDEFOR cubriendo un total de 32 UM (20%). Paralelamente se realizaron supervisiones a 17 UM (10%) seleccionadas por dudas surgidas durante las revisiones de gabinete o escogidas al azar para verificar el trabajo realizado (Ramírez & Salgado , 2005-2006).

En el caso de la segunda medición, para realizar el control de calidad se consideró que la verificación de campo se realizaría en el 10% de las UM. Esta actividad fue ejecutada parte de la empresa UNIQUE Forestry and Land Use GmbH. Por otra parte, el personal de ICF vinculado al INF también realizó un proceso de control de calidad adicional en otro 10% de las UM, con lo cual se tiene control de calidad en un 20% de las UM.

3.2.2. Procesamiento de los datos

Los datos de campo fueron ingresados en una base de datos de MS Access, la cual fue diseñada de manera específica para dicho INF. El cálculo de resultados se realizó con el programa estadístico SIBP2 (Sistema de Inventarios en Bosques Públicos y Privados). Para el cálculo de los valores de cada variable se asoció un error de muestreo a un nivel confianza de 95%.

La información dasométrica producto de los dos ciclos del INF se agrupó en las categorías de: Bosque Latifoliado húmedo, Latifoliado deciduo, Mangle y Conífera. Para derivar los FE se utilizó el mapa potencial de bosque y la información dasométrica de los CUT en el INF.

3.2.3. Metodología para cálculo de biomasa total por tipo o estrato de bosque⁸.

Para el cálculo del volumen total que cada uno de los árboles representados por hectárea se utilizan las fórmulas nacionales de volumen total; en el caso de bosque de coníferas se usan las desarrolladas por Inventario Forestal Nacional (INFONAC) y para bosque latifoliado las desarrolladas por Agencia Canadiense para la Cooperación Internacional (COHDEFOR-ACDI) (Calderón Amaya, 2017).

No se utilizaron las ecuaciones de volumen debido a que las existentes en el país están enfocadas en el cálculo del volumen a nivel fustal y generalmente se utilizan para cálculos de volumen de bosque destinados a la extracción de madera. En cambio, las ecuaciones de biomasa calculan a nivel de fustes y ramas, por tanto, genera un resultado más aproximado a la realidad (cuadro 10). A continuación, se describen las ecuaciones utilizadas en los cálculos de biomasa en los diferentes depósitos:

Cuadro 10. Ecuaciones utilizadas para estimar biomasa

Aplicación	Ecuación o Factor	Referencia
Biomasa Aérea	(1) $ba = (0.11264421 * (dap^2 * h) 0.85091168) / 1000$	Alberto D., 2005
	(2) $ba = (0.0673 * (\rho * dap^2 * H) 0.976) / 1000$	Chave et al., 2014
Biomasa subterránea	$bs = e^{[-1.0587 + 0.8836 * \ln(ba)]}$	Cairns, Brown, Helmer, & Baumgardner, 1997
Volumen de Tocones	$vtoc = \frac{[(d_1/100)^2 + (d_2/100)^2]}{2} * \frac{\pi}{4} * h$	Smalian citado por Ferreira, 2005
Volumen Madera muerta caída	$V = 1.2337/L * D^2$	

⁸ Ver documento del NREF 2017 presentado ante la CMNUCC disponible en www.sigmf.icf.gob.hn

Biomasa de Hojarasca: Parcelas de 20m x 250m	$B=PS/1000000*10000/(0.25*12)\Rightarrow PS*0.003333$	
Biomasa de Hojarasca: Parcelas de 20m x 130m	$B=PS/1000000*10000/(0.25*8)\Rightarrow PS*0.005$	
Dónde: ba = biomasa aérea, peso seco (t/ha); dap = diámetro a la altura del pecho o diámetro de referencia (cm); H = altura total del árbol (m); ρ = densidad de la madera (g/cm³); bs = biomasa subterránea, peso seco (t/ha); ba = biomasa aérea, peso seco (t/ha); v_{toc} = volumen del tocón (m³); d1 y d2 = diámetro menor y mayor del tocón (cm); h = altura del tocón (m); V = volumen en m³/ha; L = largo del transecto(m); D = diámetro de la pieza (cm); B= biomasa en Tm/ha; PS= peso seco (gramos)		

3.2.4. Resultados (FE)

Después del procesamiento de los datos del ciclo I y II del Inventario Nacional Forestal, se realizó el análisis de cobertura encontrada en las unidades de muestreo para cada ciclo, cálculos de biomasa, carbono y CO₂ equivalente para cada ciclo.

Para el cálculo se utilizó un promedio de los resultados del ciclo I y ciclo II del INF debido a que se presentó un incremento significativo en los valores de biomasa para el ciclo II en la cobertura de B. Latifoliado Húmedo.

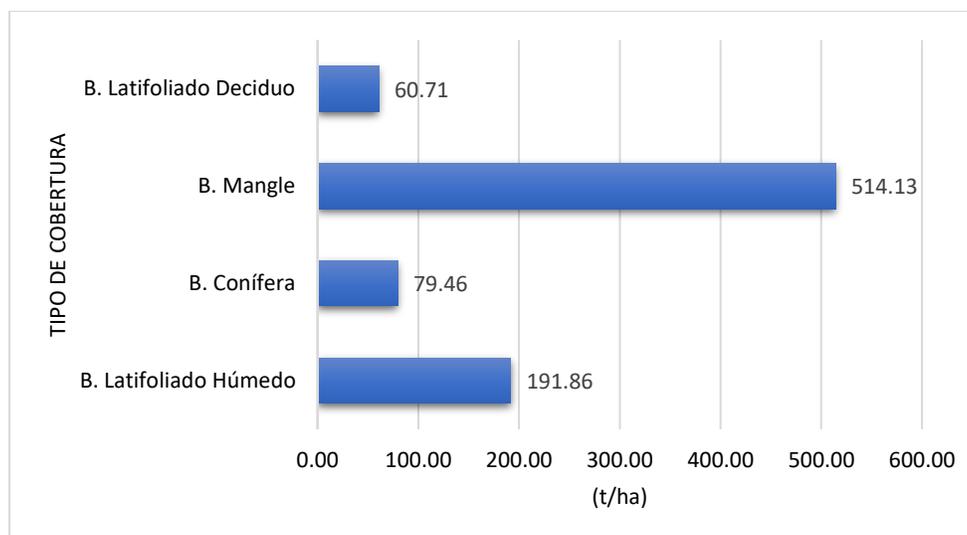
3.2.5. Estimación de Biomasa

La biomasa promedio estimada para las cuatro coberturas según los datos del INF (ciclo I y II) es de **211.54** toneladas. Por cobertura el promedio estimado es de: **191.86** toneladas en B. Latifoliado Húmedo, **79.46** en B. Conífera, **514.13** en B. Mangle y **60.71** en B. Latifoliado Deciduo. La biomasa a su vez se calculó en aérea, raíces, tocones, árboles muertos, madera muerta y hojarasca (Cuadro 11).

Cuadro 11. Toneladas de Biomasa promedio (C_t/ha) según la ENF

No.	Cobertura /Pool (C_t/ha)	B. Latifoliado Húmedo	B. Conífera	B. Mangle	B. Latifoliado Deciduo	Promedio
1	Aérea	138.14	54.50	419.52	40.95	163.28
2	Subterránea	47.55	21.09	78.66	15.98	40.82
3	Tocones	0.16	0.17	0.00	0.04	0.09
4	Árboles Muertos	4.32	2.92	0.00	0.84	2.02
5	Madera Muerta	1.65	0.26	14.00	1.40	4.33
6	hojarasca	0.03	0.52	1.95	1.51	1.00
Total		191.86	79.46	514.13	60.71	211.54

Gráfico 1. Biomasa promedio por tipo de cobertura (t/ha)



El cuadro 11 y el gráfico 1, presentan las toneladas de biomasa promedio que se encontró en los diferentes tipos de bosque, donde se nota claramente que la cobertura que presenta más toneladas de biomasa por hectárea es el Bosque de Mangle.

Estimación del contenido de carbono promedio por tipo de cobertura

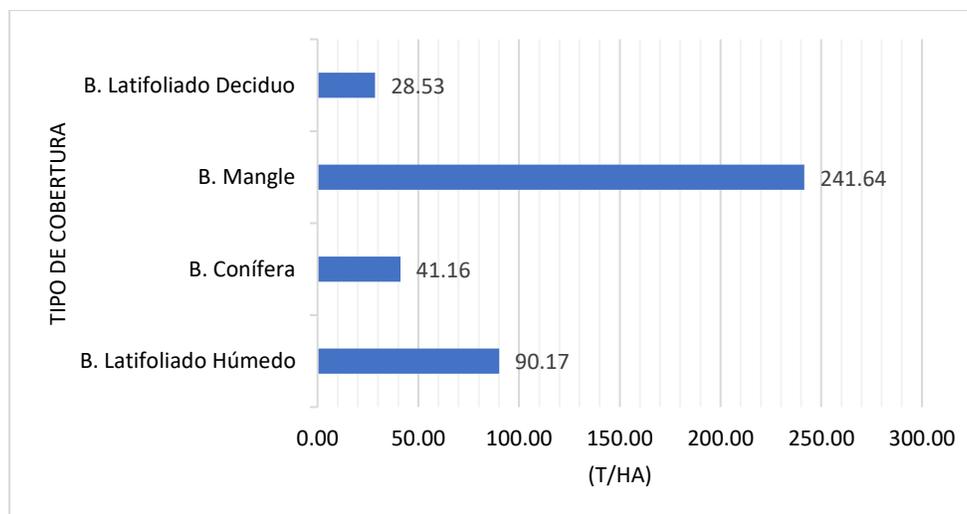
El carbono promedio estimado para las cuatro coberturas según el NREF (2017) y los datos del INF (ciclo I y II) es de **100.38** toneladas. Por cobertura el promedio estimado es de: **90.17** toneladas en B. Latifoliado Húmedo, **41.16** en B. Conífera, **241.64** en B. Mangle

y **28.53** en B. Latifoliado Deciduo. El carbono se calculó en aérea, subterránea, tocones, árboles muertos, madera muerta y hojarasca (cuadro 12 y gráfico 2).

Cuadro 12. Estimación del contenido de carbono equivalente promedio (C_t/ha) según el NREF y ENF.

No.	Cobertura /Pool (C_t/ha)	B. Latifoliado Húmedo	B. Conífera	B. Mangle	B. Latifoliado Deciduo	Promedio
1	Aérea	64.92	28.23	197.18	19.25	77.39
2	Subterránea	22.35	10.93	36.97	7.51	19.44
3	Tocones	0.08	0.09	0.00	0.02	0.05
4	Árboles Muertos	2.03	1.51	0.00	0.39	0.98
5	Madera Muerta	0.77	0.13	6.58	0.66	2.04
6	Hojarasca	0.02	0.27	0.92	0.71	0.48
Total		90.17	41.16	241.64	28.53	100.38

Gráfico 2. Carbono promedio por tipo de cobertura (t/ha)



3.2.6. Promedio de CO₂/ha estimado

El CO₂ promedio estimado para las cuatro coberturas según los datos del INF (ciclo I y II) y presentados en el NREF (2017) es de **368.05** toneladas. Por cobertura el promedio estimado es de: 330.64 toneladas en B. Latifoliado Húmedo, 150.91 en B. Conífera,

886.01 en B. Mangle y 104.63 en B. Latifoliado Deciduo. El CO₂ se calculó en aérea, subterránea, tocones, árboles muertos, madera muerta y hojarasca.

Cuadro 13. Estimación de contenido de Dioxido de Carbono promedio (CO₂_t/ha)

No	Cobertura /Pool (CO ₂ _ t/ha)	B. Latifoliado Húmedo	B. Conífera	B. Mangle	B. Latifoliado Deciduo	Promedio (CO ₂ _ t/ha)
1	Aérea	238.06	103.52	722.98	70.57	283.78
2	Subterránea	81.95	40.06	135.56	27.53	71.28
3	Tocones	0.28	0.32	0.00	0.07	0.17
4	Árboles Muertos	7.45	5.54	0.00	1.44	3.61
5	Madera Muerta	2.84	0.48	24.13	2.41	7.47
6	Hojarasca	0.06	0.99	3.36	2.60	1.75
Total CO ₂ _t/ha		330.64	150.91	886.01	104.63	368.05

3.3. Otras variables

El enfoque del diseño de las matrices del INGEI ha sido; permitir compilar insumos, estadísticas, datos de actividad y datos de factores de emisión dentro del sector USCUS, permitiendo tener mejor administración de bases de datos, mayor transparencia, precisión y orden en el procesamiento y presentación de los datos. Dichas matrices se rigen bajo lo que propone las Directrices de IPCC 2006 en las cuales relaciona Datos de Actividad, Factores de Emisión y otras variables.

Las matrices y las tablas de reporte del INGEI para el sector USCUS emplean información proporcionada por diferentes Departamentos y Unidades del ICF, entre los que se encuentran:

- Departamento de Manejo Forestal: factores de emisión (FE).
- Unidad de Estadística forestal: datos de consumo de leña y aprovechamiento forestal
- Unidad de Monitoreo Forestal: proporcionando la información de datos de actividad (DA); mapas de cambios de cobertura, tanto de pérdida como de ganancias de bosque.

Incremento Medio Anual

Este se ha realizado considerando solo las UM medidas en ambos ciclos del INF; ciclo I (2005-2006) y ciclo II (2011-2015). En ese sentido el incremento medio anual de los tipos de bosques corresponde al tiempo promedio entre las dos mediciones, el cual es de 8.63 años.

Cuadro 14. Incremento medio anual por tipo de bosque

Cobertura	Incremento medio anual m³/ha/año
B. Latifoliado Húmedo	3.09
B. Conífera	0.59
B. Mangle	3.09
B. Latifoliado Deciduo	3.85

Nota: considerando que para el bosque de mangle solo se presentan 2 UM de medida y presenta un error de estimación significativo, se utilizó el mismo incremento medio anual del bosque latifoliado húmedo.

Densidad de la madera

Según Rodríguez y colegas (2001), la densidad de la madera es una característica propia de cada especie vegetal que, depende de la cantidad y tipo de elementos celulares que la constituyen. La mayoría de las propiedades físicas y mecánicas de la madera como la dureza, el peso y la resistencia al impacto y a la abrasión están directamente relacionadas con la densidad, sin embargo, estas características se asocian a condiciones como climáticas y regionales donde los individuos crecen. En este caso, los datos promedio de densidad de la madera brindadas por el INF para los tipos de bosque utilizados en el INGEI son los siguientes:

Cuadro 15. Densidad promedio de la madera reflejado por tipo de bosques

Cobertura	Densidad de la madera t.m.s/m ³
B. Latifoliado Húmedo	0.59
B. Conífera	0.61
B. Mangle	0.78
B. Latifoliado Deciduo	0.60

Factor de expansión para la conversión del incremento neto anual en incremento de biomasa arbórea en el suelo

Este factor fue proporcionado por la ENF, el cual es un promedio por cada tipo de bosque.

Cuadro 16. Factor de expansión del incremento neto anual a incremento biomasa arbórea en el suelo.

Cobertura	Promedio
B. Latifoliado Húmedo	0.68
B. Coníferas	0.98
B. Latifoliado Deciduo	0.93
B. Mangle	0.68

Nota: considerando que para el bosque de mangle solo se presentan 2 UM de medida y presenta un error de estimación significativo, se utilizó el mismo factor del bosque latifoliado húmedo.

Relación raíz/tronco (biomasa aérea)

Este dato fue tomado de los valores por defecto que presenta el IPCC 2006, en el capítulo 4, específicamente en el cuadro 4.4. de los anexos.

Cuadro 17. Factor de relación raíz/tronco

Cobertura	Promedio
B. Latifoliado Húmedo	0.37
B. Coníferas	0.29
B. Latifoliado Deciduo	0.28
B. Mangle	0.37

Aprovechamiento de madera

Es importante mencionar que el aprovechamiento forestal es un elemento clave para el balance de emisiones/absorciones de CO₂. En Honduras, se ha revisado el Anuario Estadístico Forestal (2015)⁹ para realizar el INGEI, donde se encuentran datos históricos de aprovechamiento de madera en bosques manejados a partir del año 1980 al 2016 (cuadro 18 y gráfico 3), por lo que se ha podido identificar datos de producción forestal en m³/año.

Cuadro 18. Aprovechamiento Forestal (m³/año) en bosques manejados de Honduras

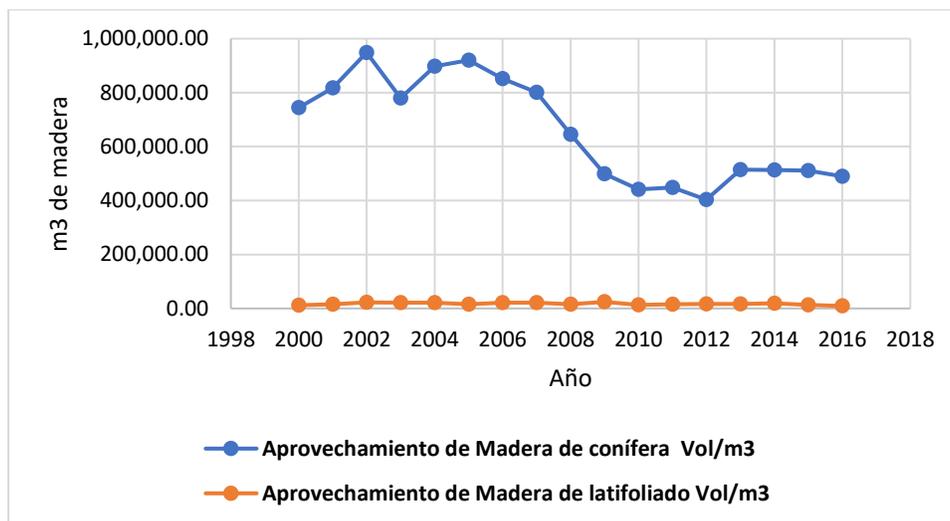
Registro por Año	Aprovechamiento de Madera B. Conífera	Aprovechamiento de Madera B. Latifoliado
	Vol/m³	Vol/m³
2000	743,900.00	11,600.00
2001	817,000.00	15,200.00
2002	948,700.00	22,500.00
2003	779,800.00	20,900.00
2004	897,900.00	22,000.00
2005	920,200.00	15,300.00
2006	852,200.00	20,900.00
2007	800,900.00	21,000.00
2008	645,900.00	15,600.00
2009	499,400.00	24,500.00

⁹<https://www.google.hn/search?q=anuario+anual+estadistico+forestal+2015+honduras&oq=anuario+&ags=chrome.2.69i57j35i39l2j0l3.4115j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

2010	441,809.55	13,655.68
2011	448,091.90	15,295.13
2012	403,333.00	16,497.14
2013	514,149.93	16,292.27
2014	513,492.83	19,431.03
2015	511,501.29	13,387.98
2016	489,647.75	9,311.02

Nota: en los registros de Aprovechamiento Forestal solo se encuentran datos específicamente para bosque latifoliado y bosque de coníferas

Gráfico 3. Distribución del aprovechamiento de madera en m³/año



Consumo de leña

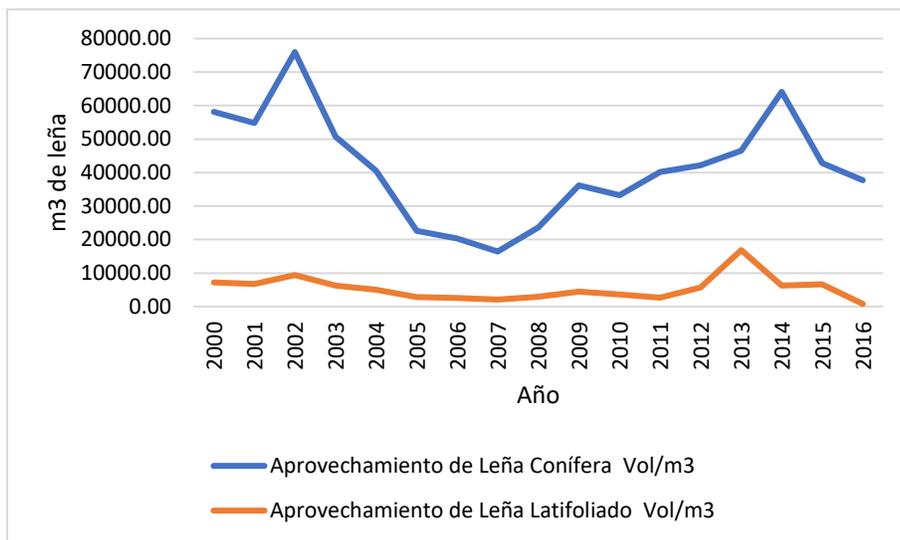
Según Yanchapaxi (2015), el consumo de leña en Honduras identificó que el 33.7% de los hogares hondureños utilizan leña como fuente energética para cocinar, y que esa cifra se incrementa a 59.2% en el área rural. La Unidad de Estadística Forestal del ICF, mantiene datos del aprovechamiento de leña que es extraída legalmente (cuadro 19 y gráfico 4), estos datos se reportan a partir del año 1987 al 2016. Bajo este contexto los datos que se presentan en el INGEI son los siguientes:

Cuadro 19. Consumo de leña reportado en el INGEI

Registro por Año	Consumo de Leña B. Conífera	Consumo de Leña B. Latifoliado
	Vol/m ³	Vol/m ³
2000	58140.66	7185.92
2001	54756.13	6767.61
2002	75980.07	9390.80
2003	50727.44	6269.68
2004	40546.83	5011.41
2005	22612.05	2794.75
2006	20334.75	2513.28
2007	16417.41	2029.12
2008	23598.00	2916.61
2009	36219.08	4476.52
2010	33215.34	3,588.22
2011	40208.12	2,630.00
2012	42209.73	5,634.43
2013	46579.33	16,840.72
2014	64065.16	6,234.63
2015	42812.72	6,657.99
2016	37658.03	773.33

Nota: en los registros de consumo de leña solo se encuentran datos específicamente para bosque latifoliado (en general) y bosque de coníferas.

Gráfico 4. Consumo de leña por tipo de bosque del año 2000 al 2016



Áreas Forestales afectadas por disturbios

Estas áreas son aquellas que han sido afectadas por disturbios como los incendios forestales, plagas y enfermedades en áreas bajo régimen de manejo. En este INGEI no se incorporan estos datos, ya que existen vacíos de información que no permiten un análisis un preciso y exhaustivo para su incorporación, no obstante, se espera que en las próximas actualizaciones se incorporen estos datos y así obtener resultados más robustos.

4. Resultados emisiones/absorciones anuales del sector USCUS

4.1. Tierras forestales que se convierten en otras tierras

Las emisiones totales de CO₂ equivalentes estimadas para el sector USCUS es de 102,781.18 Gg, este resultado comprende las emisiones estimadas desde el año 2000 al 2015. Se estima que el sector aporta en promedio anual 6,423.82 Gg de CO₂ equivalente para el periodo 2000 al 2015, con un máximo de 7,707.23 Gg de CO₂ (para los años 2007 al 2012) y un mínimo de 5,034.76 Gg de CO₂ (para los años 2000 al 2006) (cuadro 12 y gráfico 4). Estas estimaciones corresponden a la conversión de Tierras Forestales a Otras tierras, en ese sentido, se identifica los tipos de bosque que pasan a ser específicamente tierras donde no hay bosque (otros usos de suelo).

Para las estimaciones en esta categoría se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1: Cambio anual en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas a otro uso de suelo se utilizó la siguiente ecuación (Nivel 2):

$$\Delta CB = \Delta CG + \Delta CCONVERSIÓN + \Delta CL$$

Donde:

- ΔCB = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año-1

- ΔCG = incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año-1.

- $\Delta CCONVERSIÓN$ = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año-1

- ΔCL = reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año-1.

Ecuación 2: Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de tierra

$$\Delta CCONVERSIÓN = \sum \{(BDESPUÉS_i - BANTES_i) * \Delta AA_OTRAS_i\} * CF$$

Donde:

- $\Delta CCONVERSIÓN$ = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año-1

- $BDESPUÉS_i$ = existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, ton d.m. ha-1

- $BANTES_i$ = existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión, ton d.m. ha-1

- ΔAA_OTRAS_i = superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado, ha año-1

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

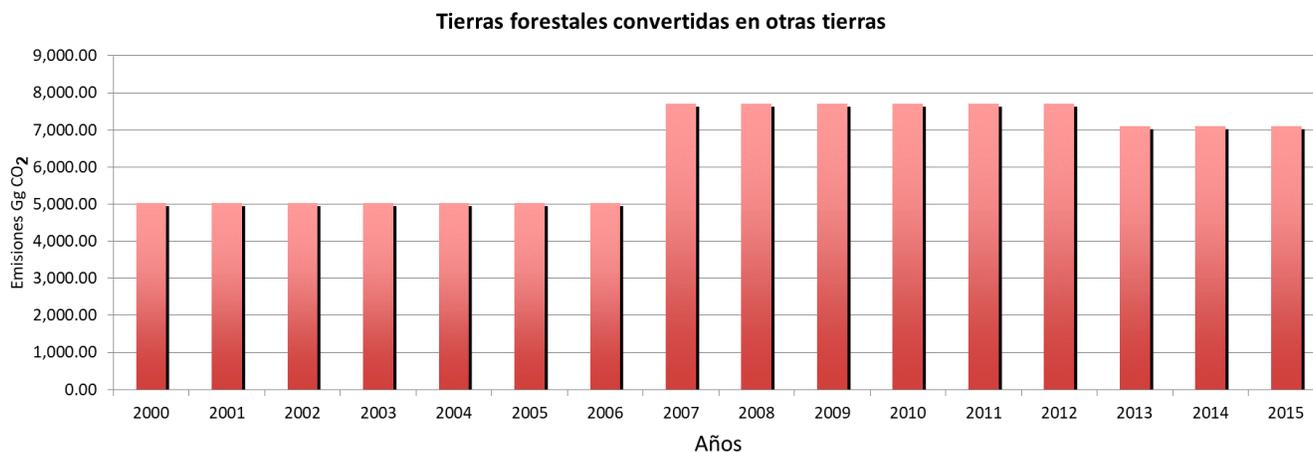
-i = tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

Cuadro 20. Emisiones de CO₂ en Gg equivalentes por año del sector USCUS

Sector	USCUS	
Categoría	Tierras forestales convertidas en otras tierras	
Código categoría	3B6bi	
Año	Emisión de CO ₂ (Gg)	Variación
2000	5,034.76	
2001	5,034.76	0.00%
2002	5,034.76	0.00%
2003	5,034.76	0.00%
2004	5,034.76	0.00%
2005	5,034.76	0.00%
2006	5,034.76	0.00%
2007	7,707.23	53.10%
2008	7,707.23	0.00%
2009	7,707.23	0.00%
2010	7,707.23	0.00%
2011	7,707.23	0.00%
2012	7,707.23	0.00%
2013	7,098.15	-7.9%
2014	7,098.15	0.00%
2015	7,098.15	0.00%

En el cuadro 20 se denota que en el año 2007 hubo un aumento de 53.10% en las emisiones de CO₂, esto probablemente se deba a que hubo un incremento **en la tasa de deforestación en ese año.**

Grafico 5. Emisiones de CO₂ equivalentes por la conversión de tierras forestales a otras tierras.



Los datos muestran un incremento de 2672.47 Gg de emisiones de CO₂ en el año 2007 al 2012, esto se debe al incremento de la deforestación en el país. La pérdida de bosque incremento en aproximadamente 6714.55 has, considerando todas las categorías de bosque. No obstante, para el año 2013 se reporta una disminución de emisiones (609.08 Gg de CO₂) para el sector y se mantienen hasta el año 2015.

4.2. Tierras forestales que permanecen como tales

La estimación de la variación anual de carbono en la biomasa viva que corresponde a tierras forestales que permanecen como tales y que también se ha regido por las metodologías y directrices que dispone el IPCC 2006. Los resultados muestran un aumento promedio de 14,814.09 Gg de CO₂ por año en las reservas de biomasa viva, esto como resultado del crecimiento de los bosques que siguen siendo bosques en el período de tiempo correspondiente al año 2000 al 2015 (cuadro 21 y gráfico 6). Para la obtención de dichos resultados se utilizaron los datos de aprovechamiento forestal (m³/año) y consumo de leña (m³/año) para estimar la disminución en las reservas de carbono de los bosques, por lo que se presentan los datos netos de absorción.

Para las estimaciones en esta categoría se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Ecuación 3: Cambio anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en una categoría en particular de uso de la tierra (método de pérdidas y ganancias)

$$\Delta CB = \Delta CG - \Delta CL$$

Donde:

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

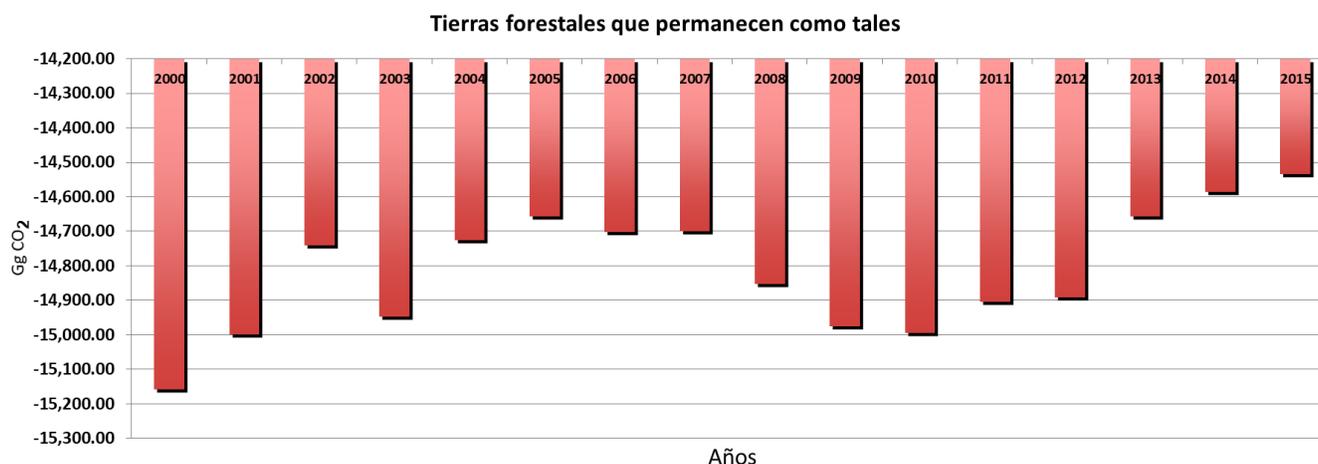
- ΔCG = aumento anual de las existencias de carbono debido a crecimiento de la biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficies totales, en ton C año-1.

- ΔCL = reducción anual de las existencias de carbono debida a pérdidas de biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando las superficies totales, en ton C año-1.

Cuadro 21. Variación de carbono procedente del incremento de biomasa viva (Gg CO₂)

Sector	USCUSS	
Categoría	Tierras forestales que permanecen como tales	
Código categoría	3B1a	
Año	Emisión de CO₂ (Gg)	Variación
2000	-15,157.50	
2001	-14,997.98	-1.05%
2002	-14,740.77	-1.72%
2003	-14,946.57	1.40%
2004	-14,726.31	-1.47%
2005	-14,657.20	-0.47%
2006	-14,701.32	0.30%
2007	-14,700.41	-0.01%
2008	-14,852.35	1.03%
2009	-14,976.37	0.84%
2010	-14,994.82	0.12%
2011	-14,904.78	-0.60%
2012	-14,890.42	-0.10%
2013	-14,657.65	-1.56%
2014	-14,586.01	-0.49%
2015	-14,534.93	-0.35%

Gráfico 6. Variación anual de carbono procedente del incremento de biomasa viva (Gg CO₂)



En el gráfico 6, se puede observar las variaciones por año del incremento y disminución en cuanto a las reservas de carbono, esto probablemente se deba a que el aprovechamiento de madera (m³/año) y el consumo de leña (m³/año) es variable de año con año.

4.3. Otras Tierras que se convierten a Tierras Forestales

El aumento anual de carbono también se debe a que muchas tierras que han sido abandonadas (p.ej., tierras de cultivo, pastizales, entre otras) se convierten a tierras forestales (bosque latifoliado húmedo o decíduo, bosque coníferas, bosque mangle). En este sentido, las absorciones o aumento de las reservas de carbono estimadas para este sector a partir del año 2000 al 2015 es de 103.29 Gg CO₂ y en promedio, el aumento anual es de 6.46 Gg CO₂ por año (cuadro 21 y gráfico 7).

Para las estimaciones en esta categoría se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Ecuación 4: Cambio anual en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (nivel 2)

$$\Delta CB = \Delta CG + \Delta CCONVERSIÓN + \Delta CL$$

Donde:

- ΔCB = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año⁻¹

-ΔCG = incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año⁻¹.

- Δ CCONVERSIÓN = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año-1

- Δ CL = reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año-1. Para este INGEI Δ CL = 0, pues no se tiene datos de actividad para remociones de talas, recogida de madera combustible y perturbaciones.

Ecuación 5: Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de tierra

$$\Delta\text{CCONVERSIÓN} = \sum \{(\text{BDESPUÉS}_i - \text{BANTES}_i) * \Delta\text{AA_OTRAS}_i\} * \text{CF}$$

Donde:

- Δ CCONVERSIÓN = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año-1

-BDESPUÉS_i = existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, ton d.m. ha-1

-BANTES_i = existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión, ton d.m. ha-1

- Δ AA_OTRAS_i = superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado, ha año-1

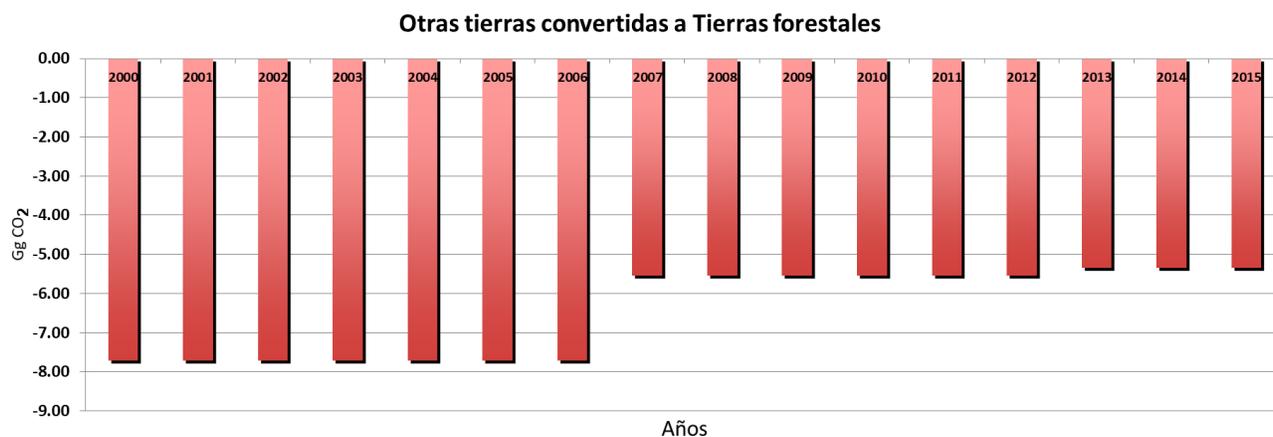
-CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)-1

-i = tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

Cuadro 22. Aumento anual de carbono en las reservas de biomasa viva (Gg CO₂)

Sector	USCUSS	
Categoría	Otras tierras convertidas a Tierras forestales	
Código categoría	3B1bv	
Año	Emisión de CO ₂ (Gg)	Variación
2000	-7.70	
2001	-7.70	0.0%
2002	-7.70	0.0%
2003	-7.70	0.0%
2004	-7.70	0.0%
2005	-7.70	0.0%
2006	-7.70	0.0%
2007	-5.54	-28.1%
2008	-5.54	0.0%
2009	-5.54	0.0%
2010	-5.54	0.0%
2011	-5.54	0.0%
2012	-5.54	0.0%
2013	-5.33	-3.8%
2014	-5.33	0.0%
2015	-5.33	0.0%

Gráfico 7. Aumento anual de carbono en las reservas de biomasa viva (Gg CO₂)



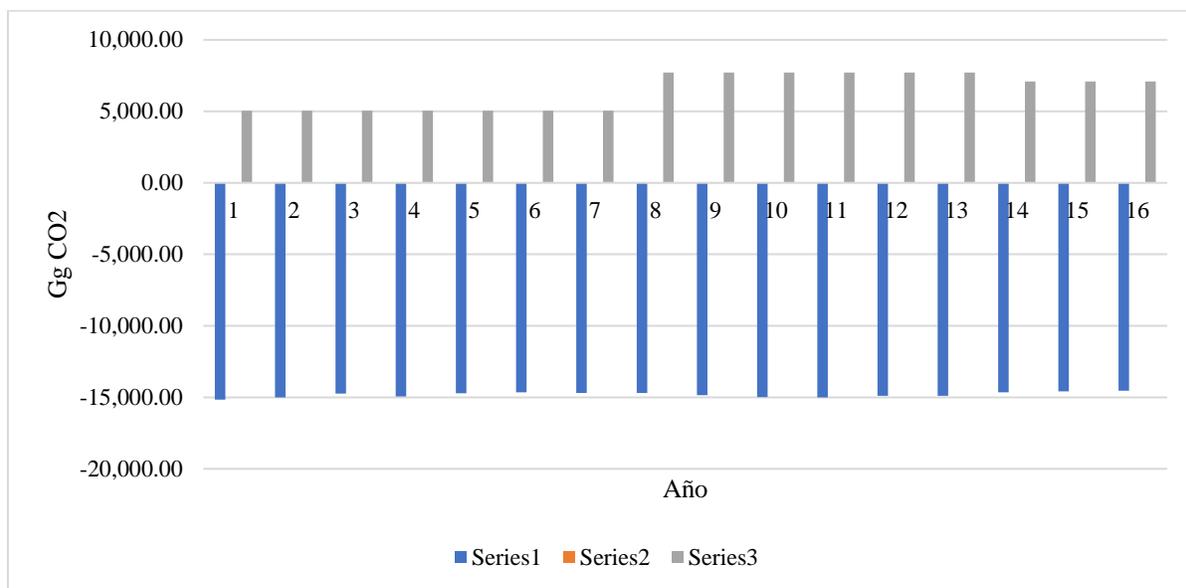
5. Resultados Generales del INGEI del sector USCUS.

En el siguiente cuadro (23), se muestra las estimaciones de emisiones/absorciones para el sector USCUS, donde se han considerado datos de actividad (DA) concernientes al análisis de mapas de cambios de coberturas, factores de emisión (FE) y otras variables (datos de consumo de leña, aprovechamiento de madera, entre otras) (gráfico 8).

Cuadro 23. Emisiones/Absorciones de CO₂ procedentes del sector LULUCF

Sector	USCUSS			
Categoría	Tierras forestales que permanecen como tales	Otras tierras convertidas a Tierras forestales	Tierras forestales convertidas en otras tierras	Netas
Código categoría	3B1a	3B1bv	3B6bi	
Año	Emisiones/Absorciones de CO₂ (Gg)			
2000	-15,157.50	-7.70	5,034.76	-10,130.44
2001	-14,997.98	-7.70	5,034.76	-9,970.93
2002	-14,740.77	-7.70	5,034.76	-9,713.71
2003	-14,946.57	-7.70	5,034.76	-9,919.51
2004	-14,726.31	-7.70	5,034.76	-9,699.25
2005	-14,657.20	-7.70	5,034.76	-9,630.14
2006	-14,701.32	-7.70	5,034.76	-9,674.26
2007	-14,700.41	-5.54	7,707.23	-6,998.72
2008	-14,852.35	-5.54	7,707.23	-7,150.66
2009	-14,976.37	-5.54	7,707.23	-7,274.68
2010	-14,994.82	-5.54	7,707.23	-7,293.13
2011	-14,904.78	-5.54	7,707.23	-7,203.08
2012	-14,890.42	-5.54	7,707.23	-7,188.72
2013	-14,657.65	-5.33	7,098.15	-7,564.83
2014	-14,586.01	-5.33	7,098.15	-7,493.19
2015	-14,534.93	-5.33	7,098.15	-7,442.10

Gráfico 8. Emisiones y absorciones Gg CO₂, del sector USCUS



En el gráfico 8, se muestran las emisiones/absorciones del sector USCUS, claramente se puede observar que los niveles de absorciones (incremento de carbono en la biomasa viva), es mucho mayor que las emisiones de CO₂ emitidas en dicho sector (3B6bi). La conversión de otras tierras a bosque (3B1bv), y los bosques que permanecen como tales (3B1a) brindan un amplio reservorio de carbono en los bosques del territorio.

6. Conclusiones

Para realizar este INGEI se consideró cuatro tipos de bosques (mapa base 2012); Bosque latifoliado húmedo, bosque latifoliado deciduo, bosque de conífera y bosque de mangle. En estos bosques se evaluaron cambios (pérdidas y ganancias de bosque) para los periodos de años; 2000-2006, 2006-2012 y 2012-2016, en ese sentido se estimó que en promedio las pérdidas de bosque son de aproximadamente de 23,303.56 has/año. Para el caso de las ganancias de bosque se estimó que en promedio son de aproximadamente 2,354.84 has/año. Sin embargo, es importante mencionar que solo se llegó al grado de determinar las conversiones de bosque a no bosque en general (sin discriminación de usos de suelos) y viceversa, por lo que esto se convierte en una muy buena justificación para realizar las próximas actualizaciones del INGEI del Sector USCUS y poder discriminar las conversiones o transformaciones que los tipos de bosque sufren a través del tiempo identificando específicamente a que uso de suelo se convierte, obteniendo resultados más precisos y robustos en lo que respecta a Datos de Actividad y esto a la vez se verán reflejados en las estimaciones de las emisiones/absorciones de CO₂.

El sector USCUS registra un total de 102,781.18 Gg de CO₂eq (102,781,179.34 tn/CO₂eq) en una serie de tiempo de 15 años, el cual comprende del año 2000 al 2015. En promedio las emisiones son de 6,423.82 Gg de CO₂eq por año. No obstante, a nivel de absorciones¹⁰ se presentan cifras importantes ya que al parecer dicho sector está contribuyendo mucho a la mitigación del Cambio Climático, ya que los datos muestran que cuando los bosques permanecen como tales, las absorciones promedio de los bosques son de aproximadamente 14,814.09 Gg de CO₂ (periodo de 15 años), y sin dejar fuera las ganancias de cobertura boscosa, por conversión de tierras abandonas en bosque (incremento de biomasa viva), el incremento es de 6.46 Gg de CO₂ promedio por año.

A pesar de la deforestación que los bosques del país sufren, los niveles de absorción son mucho mayores que los niveles de emisiones de CO₂ (según el Mapa Nacional Forestal y Cobertura de la Tierra 2014, el 48% del territorio hondureño está cubierto por bosques). Sin embargo, aún no se puede brindar un dato con mayor certeza (emisiones), ya que en los años 2014 al 2016, los bosques de pino sufrieron un ataque intenso de plaga del gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus sp.*) donde se calcula que aproximadamente más de 500,000 has de pino fueron afectadas directamente, lo cual traería consigo consecuencias socioeconómicas como ambientales. Las estimaciones de

¹⁰ Remociones según el IPCC 2006

emisiones de CO₂ de esta pérdida de bosque se ha dejado por fuera en esta actualización por falta de alguna información. No obstante, se tiene previsto que en la próxima actualización del INGEI estos datos ya se podrían incorporar (se cuantificaría las afectaciones de bosques de pino bajo régimen de manejo y considerándose también la degradación del bosque).

7. Recomendaciones

Bajo el contexto de elaboración del INGEI para el sector USCUS, se pudo encontrar vacíos de información que no permitieron un análisis más profundo que accedieran a la presentación de datos más completos, en este sentido algunos de los vacíos que se encontraron son los siguientes:

- Los datos de incendios forestales del país solo se encuentran en formato shp. de puntos.
- Los datos de disturbios en los bosques (plagas) aún están en proceso de análisis.
- Se utilizaron factores por defecto del IPCC (p.ej., relación raíz/tronco).
- Datos para mangle con alto error significativo.

Para el caso de los incendios forestales se recomienda fortalecer el sistema de registro para que aporten shp. de polígonos, e identificar los incendios forestales ocurridos especialmente en áreas bajo régimen de manejo forestal.

Asimismo, para los datos de plagas forestales en bosque de pino, se recomienda hacer un análisis de los shp. de plagas para identificar/separar los bosques plagados en áreas bajo régimen de manejo forestal. De igual manera, identificar la extracción de madera (plagada) y su finalidad última, para considerarlo al momento de hacer las estimaciones de emisiones (dependiendo el sector; energía o USCUS).

Por otra parte, se recomienda encaminar investigaciones puntuales (p.ej., relación raíz/tronco por tipo de bosque, identificación de biomasa seca inmediatamente después de la conversión en otras tierras). La contribución de estas investigaciones sería brindar datos nacionales y evitar usar los valores por defecto que presenta el IPCC.

Se recomienda el establecimiento de UM de medición para el Tercer ciclo del Inventario Nacional Forestal para que brinden datos más robustos para el bosque de mangle y así utilizarlos en las respectivas estimaciones (emisiones/absorciones CO₂) para esta cobertura forestal.

Es importante mencionar que para esta actualización del INGEI solo se consideró la conversión de los tipos bosque a otras tierras y viceversa (sin discriminar a que uso de suelo se convierten exactamente p.ej., tierras de cultivos, pastizales, asentamientos,

entre otros). Por lo que se recomienda que para la próxima actualización de ser posible se debe de discriminar estrictamente estos otros usos de suelo para crear un INGEI más robusto y con datos más específicos. Probablemente identificar estrictamente estos cambios conllevará más tiempo y recursos, sin embargo, los datos resultantes serán un gran aporte para desarrollar más medidas de mitigación puntuales y eficaces en aras de mejorar las condiciones del país.

Es de suma importancia realizar análisis más exhaustivo o investigaciones que permitan cuantificar la tala ilegal en los bosques (para leña o aprovechamiento de madera), ya que esto puede jugar un papel muy importante en las tendencias negativas de captura de carbono en el país.

Por otro lado, el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) del sector USCUS es una fuente sumamente importante para la actualización de las Contribuciones Nacionales y Determinadas de Honduras (NDC por sus siglas en inglés) compromiso de país ante la CMNUCC en relación con la disminución de los GEI. Por lo que se recomienda que los datos presentados en este reporte y las próximas actualizaciones formen parte de la plataforma de reporte del país en el Sistema Integrado de Gestión y Monitoreo Forestal "SIGMF", donde se contempla incorporar un módulo específico para el Sistema Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Honduras (SINGEI).

8. Bibliografía

- Alberto D., E. J. (2005). Acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de Pinus oocarpa en bosques naturales de Cabañas, La Paz. *TATASCAN (17-12)*, 3 - 12.
- Calderón Amaya, A. (2017). *Procedimientos de Cálculos en la Base de datos INF de Honduras*. Técnico, Instituto Nacional de Conservación Nacional Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre., Unidad Técnica Inventario Nacional Forestal, Tegucigalpa, M.D.C.
- CGE. s.f. Manual para el Sector del Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura. Disponible en: https://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_natcom/training_material/methodological_documents/application/pdf/11-bis-handbook-on-lulucf-sector.pdf
- FAO. (2015). *Map accuracy assessment and area estimation: a practical guide*. Roma.
- ICF. (2015). *Anuario Estadístico Forestal de Honduras*. Técnico, Centro de Información y Patrimonio Forestal, Tegucigalpa, M.D.C.
- ICF, P. R.-G. (2014). *Manual de Campo Para el Establecimiento de las UM y Parcelas 2014-2015, Evaluación Nacional Forestal y de Biodiversidad II Etapa de Honduras*. Técnico, ICF, Inventario Nacional Forestal, Tegucigalpa, M.D.C.
- IPCC. (2003) Obtenido de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf/spanish/full.pdf>
- IPCC. (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (en línea). Volumen 4. Disponible en <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>
- Olofsson. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Elsevier*, 16.
- Rodríguez, S., Bonilla, L., Morales, J. 2001. Comparación de la gravedad específica y características anatómicas de la madera de dos comunidades vegetales de México. *Serie Botánica* 72 (2): 171-185.
- Yanchapaxi. (2015). Análisis del consumo de leña en doce comunidades de los municipios de Catacamas, La Esperanza, Marcala y Yuscarán, Honduras. (en línea). Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4525/1/IAD-2015-033.pdf>

9. Anexos

9.1. Matriz 3B1a: Tierras forestales que permanecen como tales

Sector	USCUSS
Categoría	Tierras forestales que permanecen como tales
Código categoría	3B1a
Hoja	Cambio anual de carbono en tierras forestales que permanecen como tales - Tier 2

Año		2000														
Categoría de Uso de la Tierra		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	L*	M	N
Uso de la tierra Inicial	Uso de la tierra durante año de notificación	(ha)	(m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹)	(t m.s. por m ⁻³ volumen fresco)	(sin dimensión)	(t m.s. ha ⁻¹ año ⁻¹)	(sin dimensión)	(t m.s. ha ⁻¹ año ⁻¹)	(t Ct m.s. ⁻¹)	(t C año ⁻¹)	(m ³ año ⁻¹)	(t m.s. m ⁻³ volumen fresco)		t m.s. m ⁻³ madera	(sin dimensión)	(t C año ⁻¹)
Bosque estable	Bosque estable					E = B * C * D		G = E * (1+F)		I = A * G * H					Equivalente a K * L	N = J * L * (1+M) * H
Bosque Conifera	Bosque estable	2,030,659.21	0.59	0.61	0.98	0.35	0.29	0.45	0.52	473,585.81	743900.00	0.61	0.98	0.59	0.29	295,554.85
Bosque Latifoliado Húmedo	Bosque estable	3,938,070.46	3.09	0.59	0.68	1.24	0.37	1.70	0.47	3,140,800.35	11600.00	0.59	0.68	0.40	0.37	2,995.00
Bosque Latifoliado decídulo	Bosque estable	788,231.14	3.85	0.60	0.68	1.58	0.28	2.03	0.47	750,388.08				-	-	-
Bosque mangle	Bosque estable	50,994.43	3.09	0.78	0.93	2.23	0.37	3.06	0.47	73,332.32				-	-	-
Total		6,807,955.25				5.40		7.23		4,438,106.56						298,549.85
Abrev.		A	I_v	D	BEF₁	C_w	R	GTOTAL	CF	ΔCG	H	D	BEFR	BCEF₂	R	Lremoción

O	P	Q	Q*	R	S	T	U	V	W	X	
Volumen anual de leña recogida	Densidad de la biomasa	Factor de expansión de la biomasa para convertir los volúmenes de rollizos extraídos en biomasa total sobre el suelo (incluida corteza)	Factor de expansión de la biomasa para convertir los volúmenes de rollizos extraídos en biomasa total sobre el suelo (incluida corteza)	Pérdida anual de carbono por recolección de leña	Superficie forestal afectada por alteraciones	Reservas de biomasa en áreas forestales, en promedio**	Fracción de biomasa restante que se degrada en los bosques	Otras pérdidas de carbono anuales	Disminución anual de carbono debida a la pérdida de biomasa	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva	
(m ³ año ⁻¹)	(t m.s. m ⁻³ volumen fresco)		t m.s. m ⁻³ madera	(t C año ⁻¹)	(ha año ⁻¹)	(t m.s. ha ⁻¹)	(sin dimensión)	(t C año ⁻¹)	(t C año ⁻¹)	(t C año ⁻¹)	(Gg CO ₂ año ⁻¹)
			Equivalente a P * KL	R = O * Q * (1+M) * H				V = S * T * U * H	W = N+R+V	X = I-W	
58140.66	0.61	0.98	0.59	5,192.92				-	300,747.77	172,838.04	633.74
7185.92	0.59	0.68	0.40	501.07				-	3,496.08	3,137,304.27	11,503.45
				-				-	-	750,388.08	2,751.42
				-				-	-	73,332.32	268.89
				5,694.00				-	304,243.85	4,133,862.71	15,157.50
FGarbóles	D	BEFR	BCEF₂	Lmadera-combustible	Apertubación	Bw	fd	Potras pérdidas	ΔCL	ΔC	ΔC

9.2. Matriz 3B1bv: Otras tierras que se convierten a tierras forestales

Sector	USCUSS
Categoría	Otras tierras convertidas a Tierras forestales
Código categoría	3B1bv
Hoja	CO ₂ de la conversión de otras tierras a tierras forestales - Tier 2

Año		2000																
Categoría de Uso de la Tierra		A	B	C	D	E	F	G	H	I		J	K	L	M	N		
Uso Inicial	Uso durante año de reporte	(ha)	(m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹)	(t m.s. por m ⁻³ volumen fresco)	(sin dimensión)	(t m.s. ha ⁻¹ año ⁻¹)	(sin dimensión)	(t m.s. ha ⁻¹ año ⁻¹)	(t C t m.s. ⁻¹)	(t C año ⁻¹)	(Gg CO ₂ año ⁻¹)	(m ³ año ⁻¹)	(t m.s. m ⁻³ volumen fresco)	(sin dimensión)	t m.s m ⁻³ madera	(sin dimensión)	(t C año ⁻¹)	
						$E = B \cdot C \cdot D$		$G = E \cdot (1+F)$		$I = A \cdot G \cdot H$		$I = I_{44/12} \cdot 10 \cdot 3$				$\text{Equivalente a } K \cdot L$		$N = J \cdot K \cdot L \cdot (1-M) \cdot H$
Otras tierras	Bosque estable																	-
	Bosque Conífero	548.57	0.53	0.61	0.98	0.3	0.29	0.5	0.52	127.9	0.5							-
	Bosque Latifoliado Húmedo	1,603.02	3.03	0.59	0.68	1.2	0.37	1.7	0.47	1,283.3	4.7							-
	Bosque Latifoliado Deciduo	401.96	3.85	0.60	0.68	1.6	0.28	2.0	0.47	382.7	1.4							-
	Bosque Manglar	214.82	3.03	0.78	0.93	2.2	0.37	3.1	0.47	308.6	1.1							-
Total		2,778.37								2,102.5	7.7							
Abrev.		A	B	C	BEF ₁	C ₁	R	C ₂₀₀₀	CF	DC ₁₀₀	DC ₁₀₀	H	D	BEF ₂	BEF ₃	f ₁₀	L ₁₀₀	

M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X			
Fracción de biomasa dejada en campo	Pérdida de carbono anual por extracción de madera comercial	Volumen anual de leña recogida	Densidad de Biomasa	Factor de expansión de biomasa para convertir volúmenes de madera extraída en biomasa aérea total (incluida corteza)	Pérdida anual de carbono por recolección de leña	Áreas forestales afectadas por disturbios	Reservas promedio de biomasa aérea de tierras forestales	Fracción de biomasa dejada a descomposición en bosque	Otras pérdidas anuales de carbono	Pérdida anual de carbono por pérdida de biomasa	Cambio anual del stock de carbono de la biomasa viva			
(sin dimensión)	(t C año ⁻¹)	(m ³ año ⁻¹)	(t m.s. m ⁻³ volumen fresco)	(sin dimensión)	(t C año ⁻¹)	(ha año ⁻¹)	n.s. ha ⁻¹)	(sin dimensión)	(t C año ⁻¹)	(t C año ⁻¹)	(t C año ⁻¹)	(Gg CO ₂ año ⁻¹)		
					$R = O \cdot P \cdot Q \cdot H$				$V = S \cdot T \cdot (1-U) \cdot H$		$W = N + R + V$		$X = I - W$	$X = I - W$
	$N = J \cdot K \cdot L \cdot (1-M) \cdot H$													
	-													
	-											127.94		
	-											0.5		
	-											1,283.27		
	-											4.7		
	-											382.68		
	-											1.4		
	-											308.63		
	-											1.1		
												2,102.5		
												7.7		
f ₁₀	L ₁₀₀	FC	D	BEF ₂	L ₁₀₀ wood	Ad ₁₀₀ disturbance	B _w	F ₁₀	L ₁₀₀ other losses	DCPFL	DCPFL	DCPFL		

9.3. Matriz 3B6bi: Tierras forestales convertidas en otras tierras

Sector	USCUSS
Categoría	Tierras forestales convertidas en otras tierras
Código categoría	3B6bi
Hoja	CO ₂ de la conversión de tierras forestales a otras tierras - Tier 2

Año		2000										
Categoría de Uso de la Tierra		Superficie anual de Tierras convertidas en otras tierras	Biomasa seca inmediatamente después de la conversión en otras tierras	Fracción de carbono de materia seca	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión en	Biomasa seca inmediatamente antes de la conversión en otras tierras	Fracción de carbono de materia seca	Reservas de carbono en la biomasa inmediatamente antes de la conversión en	Variación de las reservas de carbono por unidad de superficie	Variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva en tierras convertidas en otras tierras		
Uso de la tierra Inicial	Uso de la tierra durante año de notificación	(ha año ⁻¹)	(t ms ha ⁻¹)	(t C ms ⁻¹)	(t C ha ⁻¹)	(t ms ha ⁻¹)	(t C ms ⁻¹)	(t C ha ⁻¹)	(t C ha ⁻¹)	(t C año ⁻¹)	(t C año ⁻¹)	(Gg CO ₂ año ⁻¹)
										D - B - C	F - A * (D + E)	F - F * (44/12) * 10 ⁻³
Bosque estable	Otras tierras											
Bosque Conífera	Otras tierras	4,819.67		0.52	-	79.46	0.52	41.16	-41.16		-198,378.97	-727.39
Bosque Latifoliado Húmedo	Otras tierras	11,922.25		0.47	-	191.86	0.47	90.17	-90.17		-1,075,079.36	-3,941.96
Bosque Latifoliado	Otras	3,370.73		0.47	-	60.71	0.47	28.53	-28.53		-96,179.40	-352.66
Bosque Mangle	Otras	14.40		0.47	-	514.13	0.47	241.64	-241.64		-3,479.63	-12.76
Total		20,127.05									-1,373,117.35	-5,034.76