



Libertad y Orden
Ministerio de Ambiente, Vivienda
y Desarrollo Territorial
República de Colombia



RESUMEN TÉCNICO DEL MÓDULO USO DE LA TIERRA, CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA DEL INVENTARIO NACIONAL DE GEI AÑOS 2000 Y 2004

PROYECTO

“PREPARACIÓN DE LA SEGUNDA COMUNICACIÓN NACIONAL DE COLOMBIA ANTE LA CONVENCION
MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO -CMNUCC-”



ENERO 2008

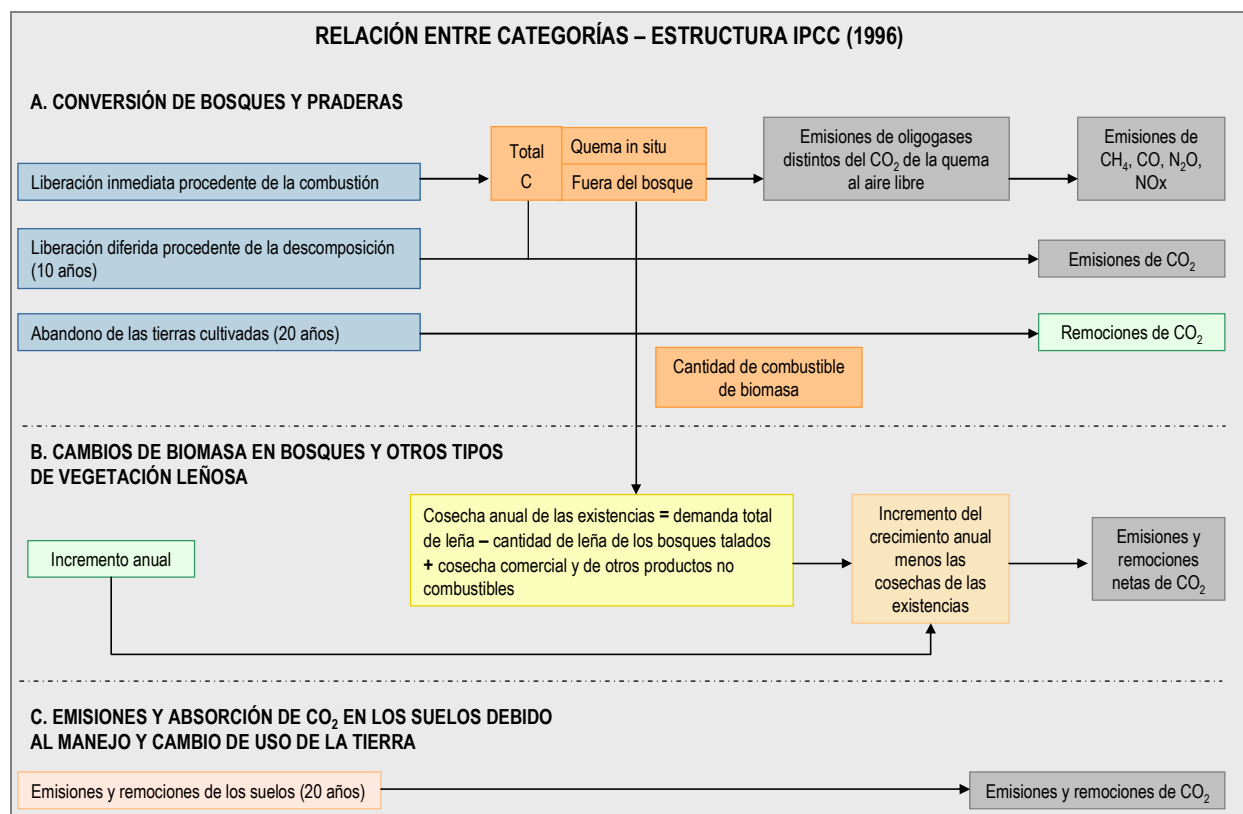
**SEGUNDA COMUNICACIÓN NACIONAL
INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO – AÑOS 2000 Y 2004
MÓDULO USO DE LA TIERRA, CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (LULUCF)
RESUMEN DE CÁLCULOS Y RESULTADOS**

De acuerdo a las *Directrices* del IPCC (1997)¹, este módulo tiene como objetivo estimar las emisiones y absorciones de CO₂, ocasionadas por el desarrollo de actividades humanas relacionadas con el cambio de uso de la tierra y la gestión de tierras principalmente forestales, estas actividades generan cambios en los contenidos de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa, la conversión de bosques y praderas, el abandono de tierras cultivadas y las emisiones de los suelos por manejo y cambio de uso. Igualmente, en el

módulo se calcula la emisión de gases diferentes al CO₂, tales como CH₄, N₂O, NO_x y CO generados por quemas vinculadas a la conversión de bosques y praderas (ver figura 1).

Los cálculos del inventario de GEI del módulo LULUCF, se realizaron utilizando la metodología del documento publicado por el IPCC en el año 1997, denominado “Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero – versión revisada en 1996”.

Figura 1. Estructura general de cálculo (IPCC, 1997)¹ – Módulo LULUCF



Fuente: Tomado de IPCC (1997)

¹ INTERGOVERNAMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE (IPCC). 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Reporting Instructions (Vol. 1); Workbook (Vol. 2); Reference Manual (Vol. 3). Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency. Paris.

1. CAMBIOS DE BIOMASA EN BOSQUES Y OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA

Esta actividad contabiliza para bosques gestionados los incrementos anuales de biomasa por crecimiento de la vegetación, así como las pérdidas de biomasa por cosecha comercial y el uso de leña.

1.1. Incrementos anuales de biomasa

En este punto se relacionan las variables como la superficie ocupada por tipo de bosque y la tasa de crecimiento anual, teniendo en cuenta la fracción de carbono contenido en la materia seca.

1.1.1. Superficie de bosques: incluye plantaciones forestales comerciales y protectoras, y árboles de zonas urbanas.

▪ **Plantaciones forestales:** para establecer la información consolidada y por especie sobre plantaciones comerciales, se integraron datos reportados por varias fuentes como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), el Departamento Administrativo de Estadísticas Nacionales (DANE), el Departamento Nacional de Planeación (DNP), y el Sistema de Información Técnico Estadístico de Plantaciones Forestales Industriales (SITEP).

Tabla 1. Superficie consolidada de plantaciones comerciales

Año	2000	2004
Área (ha)	161.281	189.713

Fuente: Este estudio (2007), con base a fuentes como MADR, DNP, SITEP.

Adicionalmente, se integró información sobre el establecimiento de plantaciones protectoras en el país, reportada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). Estas cifras corresponden a cerca de 26.357,5 ha para el año 2000 y 70.218,5 ha para el año 2003, esta última cifra se utilizó para el año 2004.

▪ **Árboles de zonas urbanas:** representa resultados del censo arbolado de cuatro centros urbanos al año 2007. Estos datos se utilizan para el año 2004, puesto que se asume que la masa forestal fue establecida antes del año 2007 y la misma no presenta cambios significativos por mortalidad o tala.

Tabla 2. Número de árboles por centro urbano

Centro urbano	Fuente	Número árboles (en miles)
Bogotá D.C.	Jardín Botánico	1.114,7
Medellín	AMVA	428,83
Santa Marta	DADMA	1,52
Valledupar	Corpocesar	2

AMVA: Área Metropolitana del Valle de Aburrá

DADMA: Departamento Administrativo Distrital del Medio Ambiente

CORPOCESAR: Corporación Autónoma Regional del Cesar

1.1.2. Tasa de crecimiento anual: esta debe ser reportada en términos de materia seca por hectárea.

▪ **Plantaciones forestales:** la información se obtuvo de varias fuentes e implicó la realización de algunos cálculos previos. Primero se recopiló información de literatura (la mayoría de reportes nacionales) sobre tasas de incremento anual en volumen por especie. Luego, se procedió a convertir las unidades de volumen a biomasa, para esto se utilizaron datos sobre las densidades básicas de la madera para las diferentes especies reportadas y se aplicaron factores de expansión de la biomasa.

Como factores de expansión de la biomasa se aplicaron los datos por defecto del IPCC (2005)² para especies plantadas, con un valor promedio de 1,5 para especies latifoliadas y de 1,2 para especies coníferas.

▪ **Árboles de zonas urbanas:** el dato para esta categoría se estimó con base a reportes de incrementos anuales de la biomasa tomados del IPCC (1997).

1.1.3. Incremento total de la absorción de carbono: con base a las anteriores variables, para el año 2000 se presentó un incremento de 850,43 kilotoneladas de carbono (Kt C), de las cuales el 90,57% corresponde al incremento de carbono por el establecimiento de plantaciones comerciales y el 9,43% por plantaciones protectoras.

Durante el año 2004 el incremento total de carbono fue de 1.127,71 Kt C, en donde el 80,34% es producto de las plantaciones comerciales, el 18,95% de las plantaciones

² IPCC. 2005. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Penman J., Gytarsky M., et al., (Eds). Suiza.

protectoras y 0,71% corresponde al aporte de los árboles de zonas urbanas.

1.2. Pérdidas anuales de biomasa

En este punto se debe considerar la cosecha comercial y el consumo de leña por cambios en biomasa. La información sobre cosecha comercial se estimó con base a reportes publicados por la OIMT (2001³ y 2005⁴) para el cual el IDEAM contribuye con el Informe anual del cuestionario conjunto del sector forestal OIMT-FAO-CEPE/ONU-EUROSTAT. Adicionalmente se considera la cantidad de madera que podría provenir del aprovechamiento informal de la madera.

Tabla 3. Cosecha comercial

Año	Cosecha comercial (m ³)
2000	3.246
2004	3.102

Fuente: Este estudio (2007)

Las cifras sobre el consumo de leña se toman de los reportes de la UPME (2000⁵ y 2004⁶).

Tabla 4. Consumo de leña

Año	Consumo leña (Kt ms)
2000	7.582
2004	5.700

Fuente: UPME (2000 y 2004)

El consumo total de biomasa por cambios en biomasa correspondió a 5.808,63 Kt de materia seca (Kt ms) para el año 2000 y a 3.818,68 Kt ms para el año 2004. Las cantidades de carbono liberado corresponden a 2.599,36 Kt en el año 2000 y a 1.708,86 Kt para el año 2004.

1.3. Balance entre incrementos y pérdidas de CO₂

Al realizar este balance, se obtiene una liberación neta de carbono de 1.748,94 Kt que corresponde a una liberación de 6.412,76 Gg de CO₂, para el año 2000. En el caso del año 2004, la liberación de carbono fue de 581,15 Kt que corresponde a 2.130,90 Gg de CO₂.

2. CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS

En esta categoría se requiere conocer la cantidad de biomasa que permanece en el sitio para su descomposición y la cantidad total de biomasa que es quemada durante el año del inventario, discriminando entre la biomasa que se quema en el lugar de la conversión y la que se quema fuera del bosque por su uso como leña, pues esto incide en la emisión de gases diferentes al CO₂⁷. Además, es necesario establecer que cantidad de la biomasa que se quema en el sitio realmente se oxida y que cantidad permanece como carbón vegetal para su descomposición durante más de 100 años.

2.1. Biomasa talada

Es la relación entre la superficie de bosque convertida anualmente y la biomasa presente antes y después de la conversión.

2.1.1. Superficie de bosques convertida anualmente: se estimó a partir de información generada por el IDEAM sobre el cambio de coberturas entre los años 1986 y 2001, utilizando los mapas de Coberturas Vegetales, Uso y Ocupación del Territorio. Con base a la comparación de la información para estos dos años, se estimó una pérdida promedio anual de 118 mil hectáreas de bosque, cifra que es utilizada para los años de evaluación del inventario. Entre las coberturas de bosque (según leyenda de los mapas) que presentaron mayores pérdidas en superficie, se encuentra el bosque andino con cerca de 56 mil ha, el bosque basal amazónico con 50 mil ha y el bosque basal pacífico con 12 mil ha aproximadamente.

2.1.2. Biomasa antes y después de la conversión: para estimar la biomasa presente antes de la conversión, se realizó la actualización de la metodología adaptada por Alarcón y Cardona (2001)⁸ para el Inventario Nacional de GEI de los años 1990 y 1994 en el Módulo LULUCF, que fue presentado en la Primera Comunicación Nacional. Esta metodología se basa en

³ ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE MADERAS TROPICALES – OIMT. 2001. Reseña Anual y Evaluación de la Situación Mundial de las Maderas.

⁴ ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE MADERAS TROPICALES – OIMT. 2005. Reseña Anual y Evaluación de la Situación Mundial de las Maderas.

⁵ UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGÉTICA - UPME. 2000. Balance Energético Nacional. Bogotá.

⁶ UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGÉTICA - UPME. 2004. Balance Energético Nacional. Bogotá

⁷ Las emisiones de gases diferentes al CO₂ procedentes de quemas fuera del sitio de conversión, se estiman en el módulo de energía.

⁸ ALARCÓN, J.C., y CARDONA, M.C. 2001. Documento técnico para el cálculo del inventario nacional de gases de efecto invernadero generados por el cambio del uso de la tierra y silvicultura años 1990 y 1994. IDEAM, Subdirección de Ecosistemas. Bogotá D. C.

un estudio realizado por Iverson, Brown, et al. (1994)⁹ para el sur y sureste de Asia.

En términos generales, se realiza la modelación de variables biofísicas (precipitación, temperatura, humedad relativa, brillo solar, altitud, pendientes, profundidad y textura del suelo, entre otras) que posteriormente son relacionadas con datos de inventarios forestales y el mapa de coberturas. Como resultado se estimó una biomasa promedio de 145 tms/ha teniendo en cuenta aquellas coberturas que presentaron pérdidas en área.

En el caso de la biomasa remanente después de la conversión, la metodología del IPCC (1997), señala que se debe incluir aquella que permanece en pie después de la tala y la biomasa del cultivo establecido en el área convertida. De acuerdo al IPCC (1997, 2005, 2006) Se supone que toda la biomasa es eliminada durante la preparación de un lugar para destinarlo a tierras agrícolas o pastos, por esto el valor por defecto para la biomasa después de la tala debería ser cero (0). Sin embargo, consideran que se debe contabilizar el valor de las reservas de biomasa al cabo de un año de crecimiento en los cultivos plantados después de la conversión. En consecuencia, se utilizó para los dos años del inventario, un valor promedio para la biomasa del cultivo establecido después de la conversión de 10 t ms/ha como lo sugiere el IPCC (1997).

2.1.3. Pérdida anual de biomasa: con las anteriores variables se estima la pérdida anual de biomasa para los años del inventario que corresponde a 17.076,67 Kt ms.

2.2. Carbono liberado por la quema de biomasa aérea in situ

En este paso es necesario establecer la fracción de biomasa que es quemada en el sitio de la extracción y la fracción que se oxida inmediatamente, de acuerdo a las prácticas de conversión de los bosques.

Con base a consultas realizadas a expertos regionales y al interior del IDEAM, se proponen las siguientes fracciones por región. Para la región andina se estima que el 10% de la biomasa se quema en el sitio, considerando que esta es una práctica que ha disminuido

durante los procesos de conversión de los bosques, debido entre otras razones, a que la superficie forestal cada vez es menor y a que la población intenta aprovechar al máximo los productos que se puedan derivar de estos bosques, tales como leña y madera.

En el caso de la amazonía colombiana, se considera que esta práctica depende del desarrollo de los procesos de colonización y de los sistemas de transporte y movilización (ríos y vías de acceso) que faciliten la salida de los productos maderables, en este sentido, la fracción propuesta es del 70%. Por el lado del pacífico, las pérdidas de bosque se producen más por degradación que por procesos de conversión, por esta razón, además de condiciones altas de humedad, se consideró que las quemas en el sitio son menos frecuentes con un 5%.

Para establecer la fracción de biomasa oxidada en el sitio de conversión, se utilizó el valor reportado por Saldarriaga (1994)¹⁰, donde señala que se puede asumir que el 30% de la biomasa forestal cortada se consume durante la quema en el sitio.

Estas fracciones se aplicaron a los dos años del inventario, 2000 y 2004, por considerar que no existe variación sustancial de un año al otro.

2.3. Carbono liberado por la quema de biomasa aérea fuera del sitio

También existe una porción de biomasa que puede ser removida del sitio de conversión y usada como leña u otro tipo de productos maderables. Se considera que se debe estimar estas fracciones con el fin de discriminar solamente la biomasa que es quemada fuera del sitio de conversión por su uso como combustible.

Igualmente con base a consultas realizadas a expertos regionales y al interior del IDEAM, se proponen fracciones por región. En la región andina se estima que el 60% de la biomasa es removida del sitio y de este porcentaje el 70% es usado como leña. Para la amazonía colombiana, la biomasa removida puede ser del 10%, del cual también se considera que el 70% es usado como leña. En cuanto al pacífico, se considera que se puede remover el 65% de la biomasa, donde por implementación de programas de sustitución con gas, la leña podría alcanzar solo un 20%.

⁹ IVERSON, L., BROWN, S., PRASAD, A., MITASOVA, H., GILLESPIE, A., and LUGO, A. 1994. Use of GIS for estimating potential and actual forest biomass for continental South and Southeast Asia. In: Effects of land-use change on atmospheric CO₂ concentrations: South and southeast Asia as a case study (ed. V. Dale). Springer Verlag. New York, USA.

¹⁰ SالدARRIAGA G. 1994. Recuperación de la Selva de "Tierra Firme" en el alto río Negro Amazonia colombiana – venezolana. Estudios en la Amazonia Colombiana, volumen V. Tropenbos. Colombia.

La fracción de madera que se considera es utilizada para productos no es utilizada para los cálculos de las emisiones por considerarse que en términos generales representa carbono almacenado y no existe una metodología clara y de fácil aplicación para realizar un seguimiento de este carbono y su momento de liberación a la atmósfera.

Para establecer la fracción de biomasa oxidada fuera del bosque, se utilizó el valor sugerido por el IPCC (1997) que corresponde al 90% de la biomasa removida y quemada fuera del sitio.

2.4. Carbono total liberado por la combustión de la biomasa aérea in situ y fuera del bosque

Para obtener la cantidad total de carbono liberado por la biomasa quemada se consideran los resultados de la cantidad de carbono liberado por la biomasa quemada in situ y la cantidad de carbono liberado por la biomasa removida y quemada fuera del bosque. Este valor fue de 2486,23 Kt C para cada año del inventario, puesto que se asumieron los mismos valores de superficie convertida anualmente y de fracciones de biomasa.

2.5. Estimación del CO₂ liberado por descomposición de la biomasa aérea

Relaciona información sobre la superficie media convertida (promedio de 10 años), con la biomasa presente antes y después de la conversión, y la fracción de biomasa abandonada que se descompone en el sitio.

2.5.1. Superficie media convertida (promedio de 10 años): se utilizaron los datos estimados en el ítem 2.1.1.

2.5.2. Biomasa antes y después de la conversión: se utilizaron los datos estimados en el ítem 2.1.2.

2.5.3. Fracción de biomasa abandonada que se descompone: de acuerdo al IPCC (1997), es la porción de biomasa que simplemente se deja para su descomposición y libera gases a una tasa lenta (promedio de 10 años). Las fracciones utilizadas también corresponden a la propuesta planteada con la ayuda de los expertos.

En la región andina se estima que el 30% de la biomasa es abandonada en el sitio, para la amazonía colombiana, el valor propuesto fue del 20%, y en el pacífico del 30%.

2.5.4. Carbono total liberado por la descomposición de la biomasa abandonada: al aplicar las fracciones de biomasa abandonada a la pérdida media anual de biomasa y convertir el resultado en términos de carbono, se obtiene la liberación por la descomposición de la biomasa para los dos años del inventario, esta cifra asciende a 1.971,68 Kt C.

2.6. Estimación del total de emisiones de CO₂ procedentes de la conversión de bosques y praderas

Se considera el resultado sobre la liberación inmediata procedente de la combustión y las emisiones diferidas procedentes de la descomposición. Los resultados reportaron una emisión total de 4.457,92 Kt C y 16.345,70 Gg de CO₂, para los dos años del inventario.

3. QUEMA IN-SITU DE BOSQUES: EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO₂

La quema de biomasa es fuente significativa de CH₄, N₂O, CO y NO_x, y la metodología del IPCC (1997) estima las emisiones de estos gases como producto de la quema de biomasa dentro del sitio. En este sentido, los cálculos toman como base los resultados del carbono liberado por la quema de biomasa dentro del sitio, estimados anteriormente.

Los resultados de las emisiones de gases diferentes de CO₂, para los años 2000 y 2004, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Emisión de gases diferentes de CO₂

Compuesto	Emisión (Gg)
CH ₄	12,672
CO	110,878
N ₂ O	0,087
NO _x	3,149

Fuente: Este estudio (2007)

4. ABANDONO DE TIERRAS CULTIVADAS

Se establece que para esta sección se evalúe las remociones netas de CO₂ por acumulación de biomasa procedente del abandono de tierras utilizadas en cultivos o de tierras empleadas para pastoreo de animales.

4.1. Absorción anual de carbono en la biomasa aérea (tierras abandonadas en los últimos veinte años)

Se relaciona la superficie total abandonada y en etapa de regeneración en los últimos 20 años y la tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea.

4.1.1 Superficie total abandonada y en etapa de regeneración en los últimos 20 años: se realizó una aproximación parcial para la estimación de esta variable, con la utilización de información del proyecto SIMCI II (Sistema de monitoreo de cultivos ilícitos) que hace parte de la Oficina contra la Droga y el Delito de las Naciones Unidas (UNODC).

El proyecto SIMCI II realiza un análisis multitemporal de cultivos de coca en el país, el cual de acuerdo a SIMCI II (2007)¹¹, es una evaluación de los cambios que presentaron las coberturas vegetales interpretadas en zonas comunes en dos períodos de análisis. Igualmente en ese documento se señala que los análisis multitemporales se realizan desde el período 2000-2001 a través de la interpretación de imágenes de satélite (Landsat, Aster, Spot e Irs), en donde adicionalmente a los cultivos de coca se han identificado otras coberturas vegetales como bosque primario, bosque secundario, rastrojo alto, pasto y rastrojo bajo.

En este sentido en UNODC (2005)¹², se indica que para el período 2000-2001, la superficie con cultivos de coca que fue abandonada y se regeneró con vegetación de bosque secundario y rastrojo alto (según leyenda del SIMCI) correspondió a 44.302 ha, y de acuerdo a UNODC (2007) este valor para el período 2003-2004 se cuantificó en 29.557 ha. En necesario aclarar que aunque a través de esta fuente, existe información desde el año 2000 al año 2006, no es posible utilizar datos acumulados de la vegetación regenerada durante varios períodos, puesto que según indicaciones del proyecto SIMCI II, los cultivos de coca son muy dinámicos y no es posible asegurar que las áreas que en un año se regeneraron se mantengan al año siguiente; por eso se utilizaron datos de un período para cada año del inventario.

De esta manera, aunque esta información no represente un período considerable de tiempo que permita suponer que las áreas abandonadas van alcanzar y mantener su estado natural, por no contar con otra información al respecto, se generaron estimaciones sobre la captura de CO₂ para el Inventario Nacional de GEI de los años 2000 y 2004 utilizando los datos del SIMCI II.

4.1.2. Tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea: el país cuenta con poca información sobre tasas de crecimiento anual para aplicar de manera general a los principales tipos de bosques naturales, y según IDEAM (2006)¹³ es difícil obtener información confiable para determinar el incremento de la biomasa por unidad de tiempo en bosques naturales, por tanto se señala que se continúa buscando un método de mayor precisión en la predicción del crecimiento boscoso en grandes unidades del paisaje. En el marco del proyecto “Colombia: Climate change enabling activity (additional financing for capacity building in priority areas)” del año 2004, se desarrollaron ecuaciones para estimar el crecimiento anual promedio de la biomasa aérea en bosques naturales¹⁴.

En este sentido en IDEAM (2006) se advierte que la ecuaciones estiman una variación promedio de los incrementos de biomasa aérea en bosques tropicales, puesto que aún existe incertidumbre con respecto a la variación del crecimiento en grandes unidades del paisaje y que por tanto es necesario realizar estudios para establecer los rangos de validez espacial de las ecuaciones. En este sentido y utilizando una densidad de biomasa promedio de 145 tms/ha, se aplicó la ecuación:

$$IBA = 2,594 (B^{0,991} - 275^{-0,009}B) ; R^2 = 0,61,$$

En donde: IBA = Incremento de biomasa aérea y B = Biomasa

dando como resultado una tasa de crecimiento de 2,07 tms/ha/año.

4.2. Absorción anual de carbono en la biomasa aérea (tierras abandonadas durante más de veinte años)

No es posible estimar la absorción anual de carbono en la biomasa aérea en tierras abandonadas durante más de veinte años, porque no se dispone de información

¹¹ NACIONES UNIDAS – OFICINA CONTRA LA DROGA Y EL DELITO (UNODC). PROYECTO SIMCI II. 2007. Análisis multitemporal de cultivos de coca. Período 2005 – 2006. Colombia.

¹² NACIONES UNIDAS – OFICINA CONTRA LA DROGA Y EL DELITO (UNODC). PROYECTO SIMCI II. 2005. Análisis multitemporal de cultivos de coca. Período 2003 – 2004. Colombia.

¹³ IDEAM. 2006. Estrategias de reducción de incertidumbre de las variables básicas en la estimación de gases de efecto invernadero (GEI) (Módulos Cambio en el uso de la tierra y silvicultura, Energía – sector transporte y Agricultura). Bogotá D.C.

¹⁴ El procedimiento para su obtención se detalla en IDEAM (2006).

sobre la superficie abandonada durante el período de tiempo evaluado.

4.3. Cálculo del total de las remociones de CO₂ en tierras abandonadas

Teniendo en cuenta los resultados de los ítem 4.1. y 4.2., se obtiene una absorción total de 41,04 Kt C y de 150,47 Gg de CO₂ para el año 2000, y de 27,38 Kt C y 100,39 Gg CO₂ para el año 2004.

5. EMISIÓN O ABSORCIÓN DE CO₂ EN LOS SUELOS DEBIDO AL MANEJO Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA

Es necesario definir los principales tipos de sistemas de manejo de la tierra utilizados en el país, así como definir los tipos de suelos, para lo cual se utilizaron aquellos sugeridos por el IPCC (1997).

5.1. Estimación de la distribución de los sistemas de manejo y uso de la tierra por tipo de suelo (suelos minerales solamente) para las fases inicial y final del período de inventario

Se estimaron las superficies de tierra en los años del inventario (sólo existe información para el año 2001) y 15 años atrás con base a los sistemas de uso presentes en los mapas de Coberturas, Uso y Ocupación del Territorio de los años 2001 y 1986. Los sistemas de uso establecidos fueron bosque natural, bosque plantado, agroecosistema basal, agroecosistema andino y otras tierras.

Adicionalmente estas superficies fueron evaluadas por tipos de suelos, para lo cual se realizó la superposición de los mapas de coberturas con el mapa de suelos del año 2003 elaborado por el IGAC, mapa que fue previamente clasificado de acuerdo a los tipos de suelo sugeridos por el IPCC.

5.2. Contenido de carbono por sistema de manejo y uso de la tierra y tipo de suelo

Una vez establecida la superficie en dos períodos de tiempo, se requiere determinar el contenido promedio de carbono presente en el suelo (en Mg C/ha) por sistema de manejo y uso de la tierra, y por tipo de suelo.

En el caso de los tipos de ecosistemas naturales, el IPCC (2005) proporciona valores por defecto sobre los contenidos de carbono en suelos con vegetación natural (primeros 30 cm), por cada región climática. En el caso de los tipos de ecosistemas naturales afectados por la agricultura, es necesario tomar como base los contenidos de carbono de ecosistemas naturales y aplicar tres tipos de factores (base, labranza e insumos) que reflejen el efecto de las prácticas agrícolas sobre el suelo; estos fueron tomados del IPCC (1997).

5.3. Emisiones anuales netas de los suelos minerales

Con la anterior información se estima el cambio neto en el carbono en suelos minerales durante los años evaluados (1986 y 2001), el cual presentó una emisión total de 14,20 teragramos (Tg), correspondiente a una emisión anual de 0,946 Tg, cifra que es utilizada para el inventario del año 2000. Debido a que no se cuenta con información para establecer las superficies de tierra al año 2004, se asume el mismo valor de emisión anual para el año 2004.

5.4. Emisiones anuales procedentes de los suelos orgánicos

En este caso se estima la superficie de tierra, tomando como referencia los sistemas de uso considerados por el IPCC (1997) tal como la producción de cosechas y las plantaciones forestales, que se encuentren sobre suelos orgánicos para el año del inventario. Esta información se estimó a partir del mapa de Coberturas, Uso y Ocupación del Territorio del año 2001 y del mapa de suelos del año 2003 elaborado por el IGAC, que fue previamente clasificado por tipos de suelo.

Adicionalmente, se debe establecer la tasa anual de pérdida de carbono de los suelos por área, el IPCC (1997) ofrece algunos valores por defecto.

En este sentido, la emisión procedente de la pérdida neta de carbono de los suelos orgánicos fue de 1.051.657,85 Megagramos (Mg) por año, e igualmente se asume este valor tanto para el año 2000 como el año 2004.

5.5. Emisiones anuales procedentes del abonado con cal de los suelos agrícolas

Como no es posible establecer la cantidad total de cal aplicada a los suelos agrícolas durante los años del inventario, se utilizó la información reportada por el ICA

sobre la venta de fertilizantes y acondicionadores, la cual incluye las ventas discriminadas por tipo de cal, para los años del inventario. De esta manera para el año 2000 las ventas correspondieron a 8'632.119 kg de carbonato de calcio o caliza y de 14'679.830 kg de dolomita; en tanto que para el año 2004 se vendieron 6'327.034 kg de caliza y de 33'503.228 kg de dolomita. Estas cifras se multiplican por los factores de conversión del carbono para la caliza y para la dolomita tomados del IPCC (1997).

El resultado de las emisiones de carbono procedentes del abonado con cal para el año 2000 son de 2.826,79 Megagramos de carbono (Mg C), y para el año 2004 son de 4.846,64 Mg C.

5.6. Estimación del total de emisiones netas de los suelos

Se sumaron los resultados de las emisiones (en términos de Gigagramos de CO₂) de suelos minerales, suelos orgánicos y el abonado con cal, para producir una emisión total de 7.336,94 Gg de CO₂ en el año 2000 y de 7.344,35 Gg de CO₂ en el año 2004.

6. RESULTADOS CONSOLIDADOS

Los resultados consolidados de las emisiones y absorciones de CO₂ y las emisiones de gases distintos del CO₂ procedentes de las actividades generadas en el módulo LULUCF se observan en las siguientes tablas.

REPORTE SECTORIAL PARA EL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO - AÑO 2000 (Gg)						
Categorías de fuentes y sumideros de GEI	Emisión de CO ₂	Remoción de CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO
Total neto LULUCF	29.944,93		12,67	0,09	3,15	110,88
Total LULUCF	30.095,40	-150,47				
A Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	6.412,76					
B Conversión de bosques y praderas	16.345,70		12,67	0,09	3,15	110,88
C Abandono de tierras cultivadas		-150,47				
D Emisiones de CO ₂ de los suelos	7.336,94					

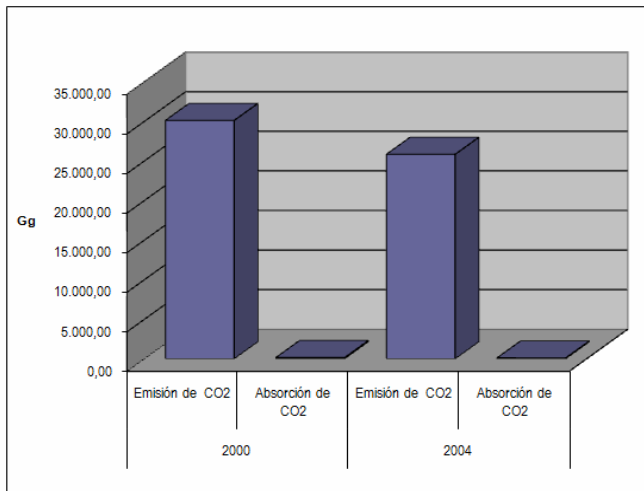
Fuente: Este estudio (2007)

REPORTE SECTORIAL PARA EL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO - AÑO 2004 (Gg)						
Categorías de fuentes y sumideros de GEI	Emisión de CO ₂	Remoción de CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO
Total neto LULUCF	25.720,55		12,67	0,09	3,15	110,88
Total LULUCF	25.820,94	-100,39				
A Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	2.130,90					
B Conversión de bosques y praderas	16.345,70		12,67	0,09	3,15	110,88
C Abandono de tierras cultivadas		-100,39				
D Emisiones de CO ₂ de los suelos	7.344,35					

Fuente: Este estudio (2007)

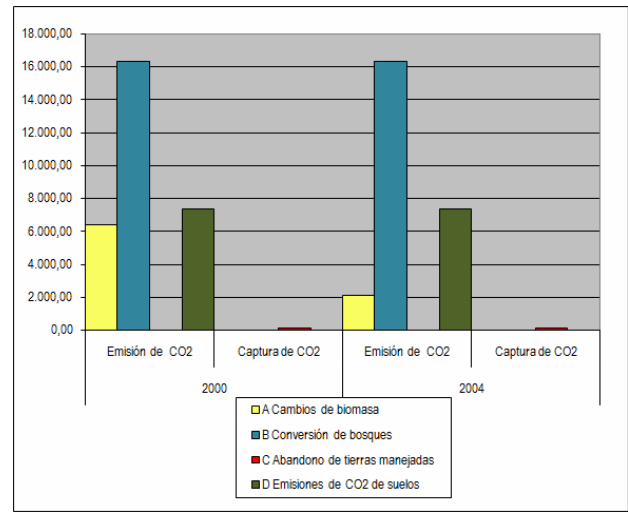
A continuación se realiza una comparación gráfica entre las emisiones y absorciones de CO₂ para los años 2000 y 2004.

Figura 2. Emisión y absorción total de CO₂



Fuente: Este estudio (2007)

Figura 3. Emisión y absorción de CO₂ por categorías



Fuente: Este estudio (2007)

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el tema de Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa, es importante afinar la información sobre la superficie existente de plantaciones, para realizar cálculos de mayor exactitud, por lo menos para las principales especies utilizadas.
- Asimismo, es importante incorporar mayor información sobre árboles en zonas urbanas del resto de las ciudades del país.
- La superficie plantada durante los años 2000 y 2004 aumentó entre sí y con respecto a los años 1990 y 1994, esto implicó un aumento en la captura de CO₂ por este concepto.
- El consumo de biomasa por cambios en bosques disminuyó entre el año 2000 y 2004, debido principalmente a la disminución en el consumo de leña según las cifras reportadas.
- Las dos conclusiones anteriores también se ven reflejadas al estimar la liberación de CO₂ entre los dos años del inventario, pues evidencian una disminución en las emisiones netas de un año al otro.
- En relación al tema de conversión de bosques, es necesario generar información sobre la superficie de bosques para años cercanos al segundo año del inventario (2004) con el fin contar con datos de conversión anual más propicios para ese año.
- Para la estimación de biomasa presente antes de la conversión se requiere actualizar información sobre inventarios forestales y sobre densidad de biomasa en diferentes tipos de bosque, teniendo en cuenta el tipo de degradación existente.
- Es importante poder consolidar la propuesta sobre las diferentes fracciones de biomasa que se utilizaron en los cálculos para el proceso de conversión de los bosques, por medio de nuevos aportes de personas expertas o la generación de estudios de campo.
- Al relacionar las emisiones totales de CO₂ por conversión de los bosques, de los años 2000 y 2004 con respecto a los años 1990 y 1994, se observa que las cifras aumentaron considerablemente. Esta situación es producto de cambios en la interpretación de los procesos metodológicos del inventario, puesto que ahora se incluyen las emisiones de CO₂ por quemas de biomasa fuera del sitio de conversión, estimaciones que no fueron incorporadas en los anteriores inventarios.
- Es importante generar información sobre la superficie abandonada y que se encuentra en etapa de

regeneración, mínimo para un período de veinte años, tomando como base el año 2000. Puesto que para las estimaciones realizadas para los presentes inventarios (2000 y 2004) no fue posible incorporar esta información en su verdadera dimensión y por tanto se considera que se está subvalorando el potencial de captura del país por este concepto.

- En el tema de emisiones en suelos, para los inventarios de los años 1990 y 1996 se realizaron cálculos solamente de suelos minerales. Para los actuales inventarios (2000 y 2004) se estimaron emisiones de suelos minerales, suelos orgánicos y por abonado de cal; esto generó que las emisiones totales de CO₂ de los suelos aumentarán en relación con los inventarios anteriores.

NOTA 1. Los comentarios e inquietudes sobre este módulo, pueden ser enviados a los correos electrónicos colarte@ideam.gov.co y mariac@ideam.gov.co

NOTA 2. El presente documento está sujeto a cambios, por lo tanto no se puede considerar como la versión definitiva de esta investigación.

NOTA 3. El presente documento es un resumen de la nota técnica que será publicada para cada uno de los módulos, por lo tanto una vez se hagan los ajustes necesarios y el documento se consolide como el definitivo, gracias a sus comentarios, se harán las respectivas publicaciones.