

5

CAPÍTULO CINCO

MÓDULO DE USO DE LA TIERRA,
CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA
Y SILVICULTURA. (Uscuss* - Lulucf**)

Autores

CLAUDIA PATRICIA OLARTE VILLANUEVA

MARÍA CECILIA CARDONA RUIZ

JULIANA EDITH RODRÍGUEZ

LUIS GABRIEL PADILLA TENJO



Mesa Técnica de Trabajo Interinstitucional

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT),
Pablo Manuel Hurtado.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR),
Carlos Sierra, Juan Antonio Clavijo, Teresa Hernández y Yesid Yucumá.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE),
Flor Sofía Solano, Mary Luz Sanabria y Mónica Rodríguez.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM),
**Claudia Patricia Olarte Villanueva, Gabriel Padilla, Juliana Edith Rodríguez,
María Cecilia Cardona, Leyla Montenegro, Patricia León y Luz Dary Yepes.**
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi),
Jorge Enrique Gutiérrez.
- Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales (UAESPNN),
Gisela Paredes Leguizamón.
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME),
Enrique Garzón y Henry Josué Zapata.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC),
Jorge Romero y José Samuel Botón Jiménez.
- Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis,
Julia Andrea Pérez y Manuel José Amaya Arias.
- Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF),
Luis Enrique Vega González y Rafael Ortiz.
- Oficina contra la Droga y el Delito de las Naciones Unidas (UNODC), Proyecto Sistema Integrado para el Monitoreo de Cultivos Ilícitos - Simci II,
María Isabel Velandia y Rodolfo Llinás.
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC),
Fernando Rodríguez.

Colaboradores

Autoridades Ambientales de Grandes Centros Urbanos; Conservación Internacional (CI); Corporaciones Autónomas Regionales; Corporación Carbono y Bosques; Corporación Colombia Internacional (CCI); Corporaciones para el Desarrollo Sostenible; Corpocesar; Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC); José Antonio Viveros; Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi), Daniel Fonseca; Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN); Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP); Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Incoder); Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia (DIAN); Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Universidad del Tolima (UT).

Coordinadoras del Capítulo

María Cecilia Cardona Ruiz
Claudia Patricia Olarte Villanueva

Supervisión

Luz Dary Yepes Rubiano

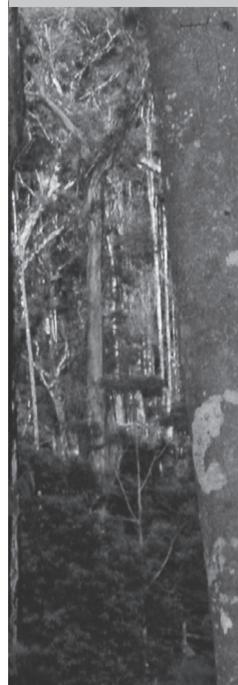
Foto 5.1. Portada de capítulo. Selva Amazónica, Vereda Carmen de Piñuña, Puerto Asís, Putumayo. Mario González. 2008

^{*} Por sus siglas en español: Uso del Suelo (tierra), Cambio en el Uso del Suelo y Silvicultura.

^{**} Por sus siglas en inglés: Land Use, Land-Use Change and Forestry.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	229
5 GENERALIDADES DE LA DINÁMICA DEL SECTOR FORESTAL	229
5.1 SITUACIÓN FORESTAL EN COLOMBIA	230
5.1.1 Bosques naturales	230
5.1.2 Plantaciones forestales	231
5.1.3 Aprovechamiento forestal	233
5.1.4 Movilización forestal	235
5.1.5 Producción forestal nacional	238
5.2 LA INDUSTRIA DEL SECTOR FORESTAL	238
5.3 CÁLCULO DE EMISIONES Y ABSORCIONES DEL MÓDULO DE USCUS	238
5.3.1 Análisis de la información necesaria para el cálculo	240
5.3.2 Proceso de cálculo de las emisiones de GEI	241
5.3.3 Resultados del cálculo de las emisiones	241
5.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS	242
5.4.1 Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	243
5.4.2 Conversión De Bosques Y Praderas	244
5.4.3 Emisiones De Gases Distintos Del CO_2 (por quema <i>in situ</i>)	246
5.4.4 Abandono De Tierras Cultivadas	247
5.4.5 Emisión de CO_2 en los suelos por el manejo y cambio de uso de la tierra	247
5.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	248
5.5.1 Categoría A. Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa .	248
5.5.2 Categoría B. Conversión de bosques y praderas	248
5.5.3 Categoría C. Abandono de tierras cultivadas	249
5.5.4 Categoría D. Emisiones de CO_2 en los suelos	249
BIBLIOGRAFÍA	250
CONTENIDO DE TABLAS	
Tabla 5.1 Coberturas de bosque natural en Colombia, periodo 1994 a 2001 (miles de ha)	230
Tabla 5.2 Evolución de la superficie agropecuaria en Colombia (miles (k) de hectáreas)	231
Tabla 5.3 Principales especies plantadas en Colombia, años 2000 y 2004	232
Tabla 5.4 Variables y fuentes de información del Módulo Lulucf (USCUS)	241



	Página
Tabla 5.5 Emisiones de GEI para el Módulo de uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura (año 2000)	241
Tabla 5.6 Emisiones de GEI para el Módulo de uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura (año 2004)	241
CONTENIDO DE FIGURAS	
Figura 5.1. Plantaciones forestales comerciales, 1999 a 2006	233
Figura 5.2. Aprovechamiento de productos forestales maderables, mayor participación por corporación, años 2000-2006.	234
Figura 5.3. Aprovechamiento de productos forestales maderables, menor participación por Corporación, años 2000-2006.	234
Figura 5.4. Aprovechamiento forestal de productos maderables en Colombia, años 2000 a 2006	235
Figura 5.5. Comportamiento de la movilización forestal en Colombia durante el periodo 2000-2006	236
Figura 5.6. Corporaciones con el volumen (m ³) de movilizaciones de madera, periodo 2000-2006	236
Figura 5.7. Corporaciones con mayor volumen (m ³) de movilizaciones de madera, periodo 2000-2006	237
Figura 5.8 Comparación entre los volúmenes aprovechados y movilizadas en el país durante el periodo 2000 a 2006	237
Figura 5.9 Producción de madera rolliza en Colombia (miles de m ³)	237
Figura 5.10. Estructura general de cálculo – Módulo Uscuss (Lulucf)	239
Figura 5.11. Estructura de las variables necesarias para el cálculo del módulo (OBP, 2005) ..	239
Figura 5.12. Estructura general del cálculo del Módulo Uscuss (OBP, 2005)	240
Figura 5.13 Emisión y remoción de CO ₂ total	242
Figura 5.14 Emisión y remoción de CO ₂ por categorías	242
Figura 5.15. Comparación de emisión y remoción de CO ₂ por categoría de fuente	242
Figura 5.16. Establecimiento de plantaciones forestales	243
Figura 5.17. Remoción de CO ₂ por cambios de biomasa en bosques	243
Figura 5.18. Cosecha comercial (m ³)	244
Figura 5.19. Consumo de leña (materia seca -ms- en kilotoneladas)	244
Figura 5.20 Liberación total de CO ₂ por cambios de biomasa en bosques	244
Figura 5.21 Liberación neta de CO ₂ por cambios de biomasa en bosques	244
Figura 5.22 Liberación de CO ₂ por conversión de bosques	245
Figura 5.23 Liberación de CO ₂ por conversión de bosques	245
Figura 5.24. Emisión de carbono. Comparación entre las fracciones utilizadas en los inventarios de GEI	246
Figura 5.25. Liberación de gases por quemadas de biomasa en el sitio de conversión	246
Figura 5.26 Remoción de CO ₂ por abandono de tierras cultivadas	247
Figura 5.27 Liberación de CO ₂ por abonado con cal de suelos agrícolas	247
Figura 5.28 Liberación total de CO ₂ procedente de suelos	248
CONTENIDO DE CUADROS	
Cuadro 5.1. Familias y especies forestales aprovechadas en el Pacífico	235
Cuadro 5.2. Colombia en el contexto mundial de la madera rolliza	237
CONTENIDO DE FOTOS	
Foto 5.1. Portada de capítulo. Selva Amazónica, Vereda Carmen de Piñuña, Puerto Asís, Putumayo. Mario González. 2008	225
Foto 5.2 Vista Río Atrato Quibdó - Chocó. Mauricio Cabrera Leal. 2009	231
Foto 5.3 Cárcava en inmediaciones de la vía: Mosquera – La Mesa, Cundinamarca. Pedro Simón Lamprea. 2009.	231

INTRODUCCIÓN

Es bien conocido que los ciclos naturales de los ecosistemas terrestres pueden verse alterados por las actividades humanas que los modifican o cambian significativamente. En efecto, cuando las actividades humanas perturban los ecosistemas, modifican los intercambios de carbono y sus depósitos. Por otra parte, en los ecosistemas boscosos no intervenidos, el carbono (C) se intercambia en forma natural mediante los procesos de fotosíntesis, respiración y descomposición.

En el Módulo de Uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura (USCUSS), se calculan las emisiones y absorciones de dióxido de carbono (CO_2) ocasionadas por el desarrollo de actividades humanas relacionadas con el cambio de uso de la tierra y la gestión de tierras principalmente forestales. De igual forma, se estiman las emisiones de gases diferentes del CO_2 , tales como metano (CH_4) óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO) generados por quemas relacionadas con la conversión de bosques y praderas.

El cálculo de las emisiones procedentes de este módulo se enfoca en las actividades, categorías de fuente o sumideros de CO_2 , tales como:

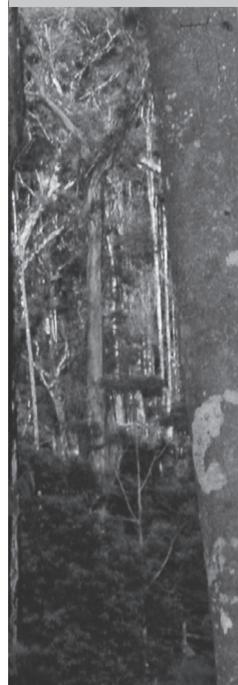
- Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa: estima las emisiones o absorciones de carbono y dióxido de carbono que obedecen a los cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa por la acción antrópica.
- Conversión de bosques y praderas a tierras de cultivo o pastos permanentes.
- Abandono de tierras cultivadas: estima las absorciones netas de CO_2 , por acumulación de biomasa procedente del abandono de tierras utilizadas en cultivos o de tierras empleadas para pastoreo de animales.

En este módulo también se examina el estado de la información utilizada, teniendo en cuenta las diferentes fuentes de reporte y la calidad de la misma; asimismo, se establecen los factores de emisión aplicados con la forma de obtenerlos, y se presentan los resultados finales estimados a partir de las metodologías seleccionadas.

5. GENERALIDADES DE LA DINÁMICA DEL SECTOR FORESTAL

La Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU), revisión 3, adaptada para Colombia, define la silvicultura como «la explotación de madera en pie; plantación, replante, trasplante, aclareo y conservación de bosques y zonas forestales». Adicional a esta definición, en la CIIU, revisión 3.1, se incluye la recolección de productos forestales silvestres (excepto hongos, trufas, bayas y nueces) y la producción de madera para uso industrial.

Por consiguiente, bajo esta definición, en Colombia el sector forestal comprende la participación de dos sectores: el silvícola y el manufacturero. El primero, incluye la producción derivada del



aprovechamiento de bosques (naturales y plantados), la reforestación y los productos como látex, gomas, resinas¹, cortezas, madera en bruto y leña; y el segundo, el manufacturero, abarca la transformación de maderas, los muebles de madera y el conjunto industrial de la pulpa, el papel y el cartón.

Como se observa, existen dos divisiones bien diferenciadas, una correspondiente al recurso y su explotación y la otra relacionada con su transformación. En el presente diagnóstico sectorial se presenta una caracterización general para cada uno.

5.1 SITUACIÓN FORESTAL EN COLOMBIA

5.1.1 Bosques naturales

Colombia cuenta con 114 millones de hectáreas de extensión continental de las cuales alrededor de 55 millones están cubiertas por bosques naturales (IDEAM, 2004), que sustentan en gran proporción la megadiversidad del territorio.

El país ocupa el séptimo lugar en el mundo con la mayor área de cobertura forestal en cuanto a bosques tropicales se refiere (FAO, 1999). Asimismo, representa el 6,42% de la oferta total para América del Sur tropical y el 1,5% de los bosques del mundo, condiciones que lo ubican como el segundo país con el mayor número de especies de plantas en su interior (Instituto de Recursos Mundiales – WRI –, 1997); además de ser el séptimo país que contiene la mayor parte de la `frontera forestal´ del globo (FAO, 1990). Véase la Tabla 5.1, con las coberturas de bosque natural.

Tabla 5.1. Coberturas de bosque natural en Colombia, periodo 1994 a 2001 (miles de ha)

Nombre de la cobertura	Símbolo	Área (kha) 1994	Área (kha) 2001
Bosque andino	BA	9.060	8.678
Bosque basal amazónico	BBam	32.860	32.347
Bosque basal Caribe	BBc	8	34
Bosque basal Orinoco	BBo	21	34
Bosque basal Pacífico	BBp	4.452	4.371
Bosque ripario	Br	3.890	3.922
Manglar Caribe	Mc	59	56
Manglar Pacífico	Mp	229	235
Bosque andino fragmentado	BA*	1.513	1.569
Bosque basal fragmentado	BBf*	3.767	3.945
Bosques de sabanas arboladas	Sa*	421	422
Total		56.280	55.613

Fuente: IDEAM, 2004. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia.

Nota: En el anexo técnico del cálculo de emisiones, ítem conversión de bosques y praderas, se amplía el análisis de la pérdida de coberturas boscosas en el país (IDEAM, 2004).

Teniendo en cuenta las cifras de la Tabla 5.1, las coberturas boscosas evidencian cambios significativos en el periodo de análisis, registrándose una pérdida de 101 mil ha/año², frente al observado en el periodo 1990 a 1994 de 91.930 ha/año³. En otras palabras, la pérdida de la cobertura boscosa ronda las 10.000 ha/año. Analizando estos datos frente a las estadísticas reportadas por diferentes

¹ Látex: Emulsión, generalmente lechosa, de diversas sustancias (resinas, gomas, azúcares, albumoides, etc.), que fluye por las heridas de muchas plantas. Gomas: Exudación vegetal de pentosanas y hexosanas (galactosa, xilosa), productos de oxidación ácida, fermentos y pequeñas cantidades de minerales (K, Mg, Ca). Resinas: Secreción de peso molecular elevado, insolubles en agua, clasificadas en: gomorresinas, oleorresinas (trementina), bálsamos (ácidos aromáticos, alcoholes y ésteres) y lactorresinas (látex). p. 534, 648 y 942. FONT Quer. Diccionario de Botánica. 1977.

² IDEAM. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. 2004. p. 134.

³ Alarcón y Cardona. Anexo técnico. Módulo de uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura. Primera Comunicación Nacional. Bogotá: IDEAM, 2001.



Foto 5.2. Vista Río Atrato Quibdó - Chocó. Mauricio Cabrera Leal. 2009

puede establecer que esta actividad posiblemente ha entrado a reemplazar áreas boscosas. Véase la Tabla 5.2.

fuentes desde el año 1974⁴, se aprecia una gran variación en las cifras registradas⁵; sin embargo, teniendo en cuenta el análisis efectuado, como base para este inventario de gases efecto invernadero, se estima un cambio promedio anual en la cobertura de bosque de 144 mil hectáreas⁶.

Comparando estas cifras con las estadísticas presentadas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y el DANE (2002)⁷, sobre la evolución de la superficie agropecuaria en el país para el periodo 1999 - 2002, se observa un incremento en las áreas dedicadas a usos pecuarios, por lo que se

Tabla 5.2. Evolución de la superficie agropecuaria en Colombia (miles (k) de hectáreas)

Usos de la Tierra	1999	2000	2001	2002	Participación (%)
Pecuaria	37,135	36,730	37,610	37,871	75
Bosques	7,940	8,081	7,678	7,741	15
Agrícola	4,327	4,432	4,135	3,736	7
No agropecuaria y otros usos	1,607	1,461	1,282	1,315	3
Total	51,008	50,705	50,705	50,663	100

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR, 2002

De otra parte y como lo señala el IDEAM (2004), en el mismo periodo de análisis la tasa de crecimiento promedio anual de los agroecosistemas tiende a disminuir, pasando de 0,36% en el periodo 1986-1994 a 0,17% entre 1994-2001 es decir, la tasa de expansión es menor o, al menos, el proceso tiende a hacerse más lentamente.

Frente a este panorama se han adelantado diversas acciones de protección de bosques, desde la definición de políticas que desestimulan su aprovechamiento, hasta acciones de recuperación, reforestación y revegetación de áreas degradadas.



Foto 5.3. Cárcava en inmediaciones de la vía: Mosquera – La Mesa, Cundinamarca. Pedro Simón Lamprea. 2009.

5.1.2 Plantaciones forestales

La historia forestal de Colombia indica que los procesos de reforestación se iniciaron a muy baja escala en la década del 40, teniendo su mayor auge entre los años 70 y 80, para luego decaer al no responder con las expectativas de los productores (MADR, 2005).

4 Ibid. Nota pie de 4, p. 145

5 Los diferentes datos reportados varían entre sí, en parte por la metodología utilizada para obtenerlos; de esta manera, se señala que la disminución en términos generales en las cifras se considera como producto del refinamiento en las técnicas de estimación y se relaciona, además, con los conceptos empleados en su definición.

6 IDEAM, 2007. Informe 11. Consultor 01. Módulo de uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura.

En el país las plantaciones forestales establecidas responden a tres propósitos: 1) de carácter protector, que busca restaurar, conservar y proteger los ecosistemas forestales; 2) de carácter protector-producto, los cuales se establecen en áreas forestales, donde su aprovechamiento directo o indirecto del bosque está sujeto a mantener el efecto protector, y 3) de carácter productor o comercial, que son establecidos por particulares con el propósito de obtener beneficios económicos. Las primeras son establecidas con recursos del Estado y están a cargo de las entidades del sector ambiental (Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT– y las Corporaciones Autónomas Regionales –CAR–, Corporaciones de Desarrollo Sostenible y Autoridades Urbanas)⁸.

Las plantaciones forestales con fines industriales se encuentran concentradas en las áreas de influencia de las industrias de pulpa, tableros aglomerados e inmunización en los departamentos de Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Tolima, Antioquia, Cundinamarca, Boyacá, Bolívar y Magdalena. Existen otras extensiones importantes en el Piedemonte de los Llanos Orientales, Vichada y la Costa Atlántica, donde se han realizado significativas inversiones en los últimos años (MADR, 2005). En la Tabla 5.3 se señalan las principales especies utilizadas en el país.

Tabla 5.3. Principales especies plantadas en Colombia, años 2000 y 2004

Especie	Participación % respecto 2004	Área (ha) 2000	Área (ha) 2004
Cedrela odorata	0,614	990,7	1.165,35
Ceiba pentandra	1,705	2.750,41	3.235,28
Cupressus lusitanica	1,967	3.171,87	3.731,03
Eucalyptus globulus	0,766	1.234,73	1.452,40
Eucalyptus grandis	11,473	18.503,10	21.764,98
Eucalyptus tereticornis	1,162	1.873,95	2.204,31
Gmelina arborea	4,118	6.640,76	7.811,46
Juglans neotropica	0,757	1.220,61	1.435,79
Pinus oocarpa	2,858	4.608,61	5.421,05
Pinus patula	20,66	33.320,66	39.194,72
Pinus tecunumanii	2,223	3.585,95	4.218,12
Quercus humboldtii	1,486	2.396,44	2.818,90
Tabebuia rosea	3,488	5.625,67	6.617,41
Tectona grandis	4,764	7.683,87	9.038,45
Otras	41,96	67.673,66	79.603,76
Total	100	161.281,00	189.713,00

Fuente: IDEAM, 2007, con base en información del Sistema Técnico Estadístico para Plantaciones Industriales Forestales (Sitep), DANE y MAVDT

Las estadísticas oficiales sobre plantaciones comerciales⁹ señalan que en el periodo 1999 a 2006, se ha registrado un aumento en el área reforestada de 48.000 ha, lo que llevaría a pensar que en el país se establecen en promedio 8.000 ha por año. Véase la Figura 5.1.

Sin embargo, y considerando que en los datos presentados no se muestran las áreas de aprovechamiento registradas sino los valores absolutos de área plantada, estas cifras se reducen considerablemente lo que representa aproximadamente un 0,7% del potencial estimado por el Plan Nacional de Desarrollo Forestal (PNDF), para dicho fin. Es evidente el escaso desarrollo alcanzado por la actividad reforestadora en el país frente al potencial con el que cuenta.

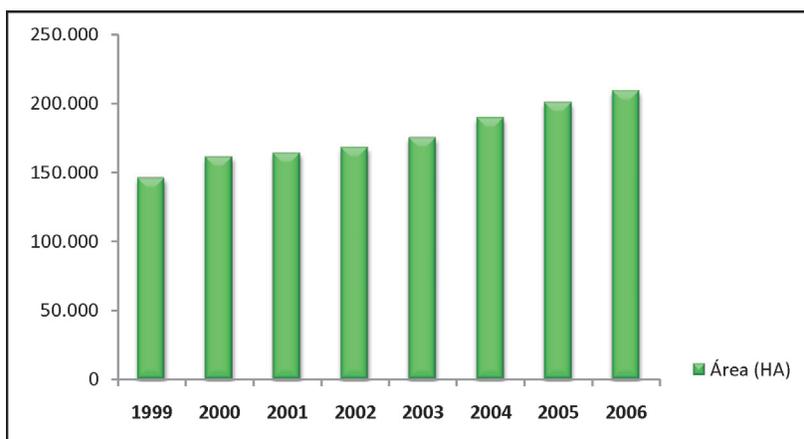
La contribución de las plantaciones al suministro de madera industrial se estima en alrededor del 20% de la oferta nacional, correspondiendo la mayor parte de este volumen al consumo de las industrias de pulpa y tableros de madera. Por su parte, un 73% del área establecida está plantada con especies introducidas (pinos y eucaliptos) y se registra hasta el año 2004 la certificación de las operaciones de manejo y aprovechamiento a dos empresas (Conif - FAO, 2004).

7 El informe del MADR-DANE hace distinción entre los sistemas agrícola y pecuario, mientras que la metodología utilizada por el IDEAM no considera esta diferencia e integra los sistemas en la categoría de agroecosistema. Si bien las metodologías no son comparables, las conclusiones para ambos estudios son similares.

8 Entiéndase dentro de las CAR a las entidades mencionadas.

9 La información registrada en la Tabla 5.3 tiene como fuentes, además del IDEAM, el Sistema de Información Técnico Estadístico de Plantaciones Forestales Industriales (Sitep) en 1999; el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR); el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y el Departamento Administrativo de Estadísticas Nacionales (DANE), entre otras.

Figura 5.1. Plantaciones forestales comerciales, 1999 a 2006



Fuente: IDEAM, 2007, con base en información del Sistema Técnico Estadístico para Plantaciones Industriales Forestales (Sitep), DANE y MAVDT

Con respecto a las plantaciones protectoras establecidas en el país, el MAVDT destacó la información sobre las metas de establecimiento de plantaciones al año 2001 y 2003, como parte de la ejecución del Programa Microcuencas incluido en el Plan Verde. Estas cifras corresponden a cerca de 58.885 ha y 87.529 ha a plantar en los años 2001 y 2003, respectivamente. No fue posible discriminar la información por especies ni establecer las cifras reales de establecimiento para los años restantes del periodo 2000 a 2006.

5.1.3 Aprovechamiento forestal

La definición adoptada de un aprovechamiento forestal se tomó como la extracción de productos de un bosque y comprende desde la obtención de los mismos hasta el momento de su transformación. El Decreto 1791 de 1996, establece que todo aprovechamiento forestal en Colombia se otorga mediante acto administrativo expedido por la Corporación Autónoma Regional competente¹⁰.

En consecuencia, el tema de aprovechamiento forestal analiza el comportamiento de los aprovechamientos forestales otorgados por las corporaciones, en términos de volúmenes aprovechados de productos forestales maderables para el periodo 2000-2006¹¹.

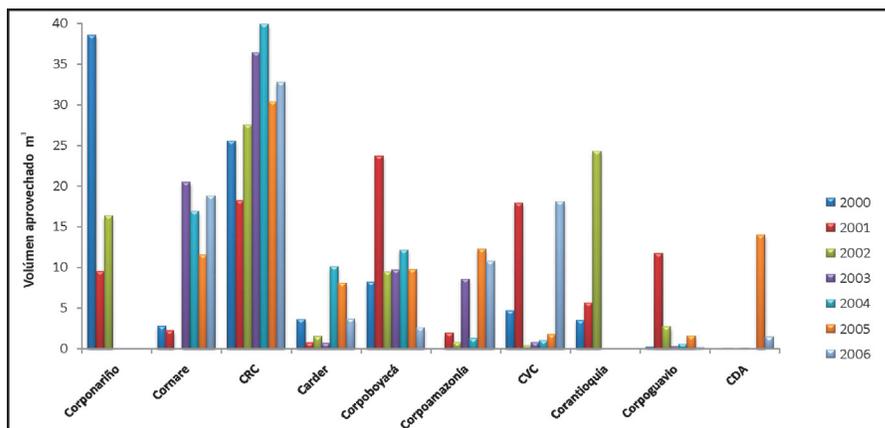
Teniendo en cuenta el bajo número de registro presentado de las corporaciones, sobre el aprovechamiento forestal discriminados por bosque natural y plantado, no es posible establecer un consolidado nacional por dicho tipo de bosque. Por otro lado, sobre un total de 39 corporaciones (26 Corporaciones Autónomas Regionales, 7 Corporaciones de Desarrollo Sostenible y 6 Autoridades Ambientales de Grandes Centros Urbanos), se tiene una baja participación de algunas corporaciones en los reportes de aprovechamiento forestal consolidados para el país.

En las Figuras 5.2 y 5.3 se presentan las corporaciones que cuentan con la mayor y menor participación, en porcentaje, siendo esto coherente con la mayor cobertura boscosa natural existente en cada jurisdicción.

¹⁰ En este documento, cuando se refiera a las corporaciones o CAR, se entenderá que incluye a las Corporaciones Autónomas Regionales, las Corporaciones de Desarrollo Sostenible y las Unidades Ambientales de Grandes Centros Urbanos del país.

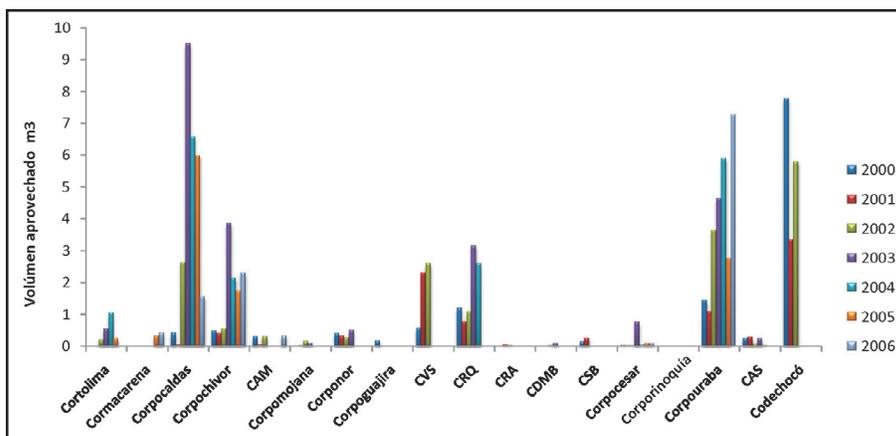
¹¹ Se presentan los datos de las corporaciones que reportaron información al Snif

Figura 5.2. Aprovechamiento de productos forestales maderables, mayor participación por corporación, años 2000-2006.



Fuente: IDEAM, 2008. Con base en los registros del Sistema Nacional de Información Forestal (Snif)

Figura 5.3. Aprovechamiento de productos forestales maderables, menor participación por corporación, años 2000-2006.



Fuente: IDEAM, 2008. Con base en los registros del Sistema Nacional de Información Forestal (Snif)

Según el IDEAM (2005), para el periodo 1998 a 2002, el municipio de Riosucio en el departamento del Chocó, es el que más volumen de productos forestales aprovecha, seguido del municipio de Tumaco en el departamento de Nariño. Esta situación confirma que el Pacífico colombiano es el principal núcleo de aprovechamiento forestal del país, concentrado en su orden en los departamentos de Chocó, Nariño, Cauca y Valle del Cauca. Las especies más aprovechadas en el Pacífico se comentan en el Cuadro 5.1.

En relación con los volúmenes de aprovechamiento registrados, se observan variaciones anuales para el periodo 2000 a 2006, registrando un volumen promedio de 1.646.462 m³. A pesar de obtener por parte de las Corporaciones un menor número de reportes para el 2005 (38,46%), el volumen aprovechado para este año es significativo (2.008.369 m³); que en comparación con el 2004, con el 51,28% de los registros, presenta el menor aprovechamiento para el periodo (947.822 m³); véase la Figura 5.4. En consecuencia, no se puede definir un comportamiento histórico característico o representativo de los aprovechamientos forestales maderables en el país en parte debido a la falta de series históricas completas por corporación, que permitan establecer comportamientos definidos¹².

12 Actualmente el IDEAM viene consolidando y estructurando el Sistema Nacional de Información Forestal (Snif), con el fin de satisfacer las necesidades de información del sector. Sin embargo, la información sobre el aprovechamiento forestal que se tiene de las autoridades ambientales no es homogénea; en términos generales, las autoridades ambientales envían un dato de volumen aprovechado, pero no registran las especies que son objeto de aprovechamiento.

Cuadro 5.1. Familias y especies forestales aprovechadas en el Pacífico

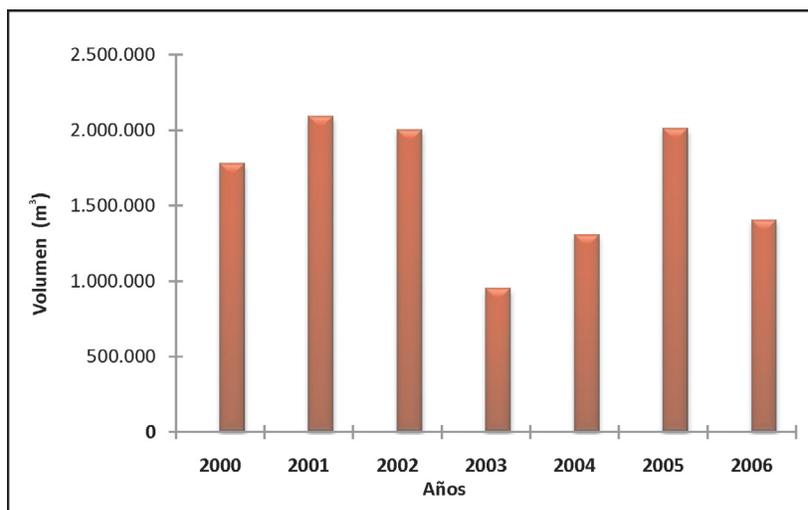
El IIAP (2007), destaca que en la costa Pacífica colombiana se reportan 45 especies vegetales utilizadas en la elaboración de artesanías, las cuales se encuentran distribuidas en doce familias botánicas. Las especies de mayor uso son: Damagua, Cabecinegro, Chocolatillo, Iraca y Platanillo. Las especies de mayor uso en la cestería son la Iraca, Chocolatillo, Platanillo, Werregue, Hoja blanca y Caña flecha. El 33% de las especies corresponden a plantas leñosas para la obtención de madera comerciable, leña, construcción, frutos, semillas y corteza. Las plantas herbáceas representan el 38%, y proporcionan fibras obtenidas de tallos, hojas, brácteas y cogollos, siendo las fibras el grupo más sobresaliente y con el que elaboran la mayoría de los objetos. El uso de las palmas está representado en un 29% (13 especies), de este grupo se obtienen cogollos, partes de los tallos y semillas; de los bejucos y plantas leñosas se obtienen tallos, corteza y semillas.

Según informe del IIAP (2007), 58 especies vegetales que están siendo aprovechadas por comunidades afrocolombianas e indígenas del departamento del Chocó y parte del departamento del Valle del Cauca como fibras y maderas de talla, entre ellas: Abarco (*Cariniana* sp), Algarrobo (*Hymenaea palustris*), Amargo (*Welfia regia*), Anta o yuye (*Corchorus* sp), Balso (*Ochroma lagopus*), Barrigona (*Iriartea deltoidea*), Cabecinegro, Jicara o Sana agua, (*Maricaria saccifera*) Carrá (*Huberodendron* sp), Chachajillo (*Aniba* sp), Chachajo (*Aniba* sp), Chanó (*Sacoglottis procera*), Chochito de indio (*Abrus precatorius*), Chocho peronillo (*Dussia macrophylla*).

Fuente: IIAP, 2007

En el aprovechamiento de especies, tanto de bosque natural como de bosque plantado, la información que poseen las corporaciones considera únicamente aprovechamientos legales registrados conforme a las disposiciones vigentes en la materia, Decreto 1791 de 1996; dejando de lado los volúmenes aprovechados de manera informal o ilegal, situación que aumenta la incertidumbre de la información relativa al volumen forestal aprovechado en el país.

Figura 5.4. Aprovechamiento forestal de productos maderables en Colombia, años 2000 a 2006

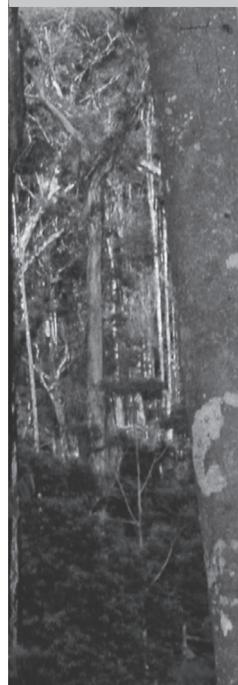


Fuente: IDEAM, 2007, con base en registros del Sistema Nacional de Información Forestal (Snif)

Con respecto al aprovechamiento de productos forestales no maderables, la información disponible proviene de estudios adelantados por el Instituto de Investigación del Pacífico (IIAP) y del Instituto de Investigaciones Amazónicas (Sinchi).

5.1.4 Movilización forestal

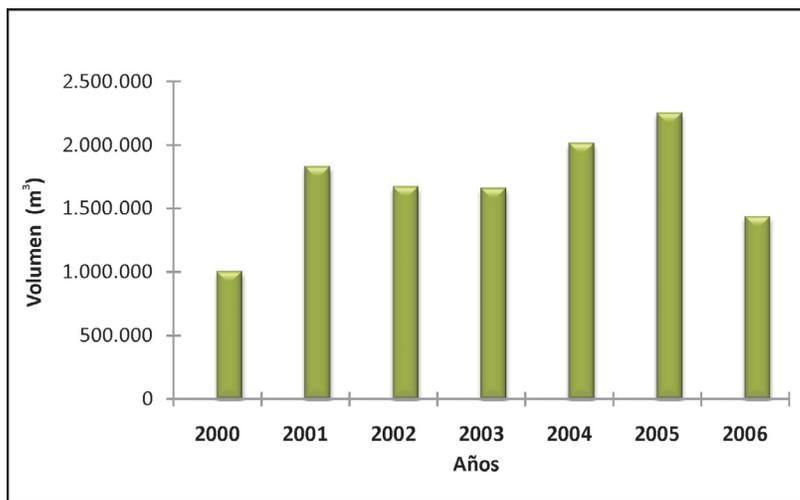
Teniendo en cuenta la información sobre los aprovechamientos de bosque natural otorgados por las corporaciones descritas en el ítem anterior, y los aprovechamientos de plantaciones forestales, a continuación se presenta la distribución de las movilizaciones de productos forestales por corporación para el periodo



2000 a 2006. La descripción se presenta de manera consolidada por área de jurisdicción de cada corporación, en razón a que la misma no discrimina los datos para el bosque natural y el bosque plantado.

Los volúmenes de madera movilizada con los respectivos permisos para el periodo 2000 a 2006, alcanzan un promedio de 1.693.167 m³ de madera, provenientes en su mayoría de Codechocó, Corponariño, Cornare, CDA, Corpocesar y Corantioquia. Véase la Figura 5.5.

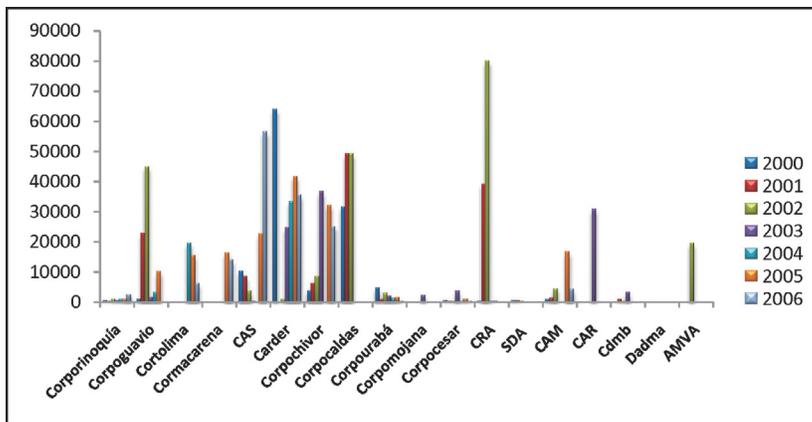
Figura 5.5. Comportamiento de la movilización forestal en Colombia durante el periodo 2000-2006



Fuente: IDEAM, 2007, con base en registros del Snif. Los porcentajes hacen referencia a la proporción de reporte por parte de las autoridades ambientales regionales en cada año.

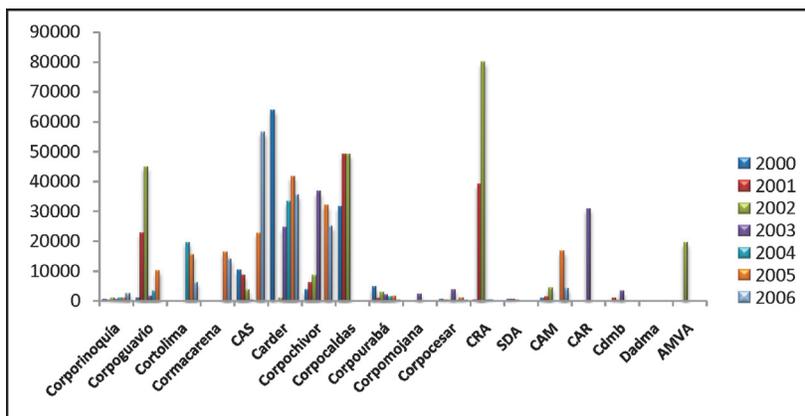
Para el año 2000, los volúmenes movilizados se concentraron en tres corporaciones: Corponariño (44,22%), Corporación del Sur de Bolívar -CSB- (18,9%) y Codechocó (15,65%), acumulando el 78,77%. En contraste, en el año 2006, el volumen total registrado se distribuye en más corporaciones: el 51% se reparte entre Corponariño y la Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Amazonía (CDA); el 47% corresponde a la Car, Cortolima, Cornare, Corporación del Sur de Bolívar, Corpamag, Carsucre, CDMB, CRC y Corpourabá; y el 2% en las restantes. Se encontró un menor volumen movilizado en el año 2006 frente al 2000, por el alto número de corporaciones que no reportaron información en ese año. En las Figuras 5.6 y 5.7, se presentan las corporaciones con el reporte anual del volumen de movilización para los años 2000 a 2006.

Figura 5.6. Corporaciones con el volumen (m³) de movilizaciones de madera, periodo 2000-2006



Fuente: IDEAM, 2008. Con base en la información reportada por las autoridades ambientales regionales

Figura 5.7. Corporaciones con mayor volumen (m3) de movilizaciones de madera, periodo 2000-2006



Fuente: IDEAM, 2008. Con base en la información reportada por las autoridades ambientales regionales

Teniendo en cuenta los registros de Codechocó, obtenidos por el IAP (2007), para el periodo 2000 - 2006, las movilizaciones de productos forestales en el departamento de Chocó se concentran en las siguientes especies: Cativo, Lechero, Chanul, Guásimo Blanco, Güino, Balso, Abarco y Cedro. Los municipios que congregan tal actividad son: Riosucio, Litoral de San Juan, Río Quito, Belén de Bajirá, San Pablo y Cantón del Darién. Una visión del contexto mundial se presenta en el Cuadro 5.2.

Cuadro 5.2. Colombia en el contexto mundial de la madera rolliza

Colombia ocupó el puesto 59 en el mundo, como productor de madera en rollo industrial, con una participación del 0,1% del total mundial, MADR (2005b). Con una producción promedio anual de madera en rollo para el periodo 2000 - 2006, de 2.500.000 m3 (*), el país registró en el año 2003 uno de los consumos más bajos per cápita en el mundo de madera en rollo industrial con 0,04 m3/hab. Le superan Bolivia con 0,91 m3/hab, Ecuador con 0,07 m3/hab y Venezuela con 0,05 m3/hab. (MADR, 2005b).

(*): OIMT. Reseña anual y evaluación de la situación mundial de las maderas, 2006.

En los años 2000 y 2002, los volúmenes de aprovechamiento superan los volúmenes de movilización en un 43,63 % y 16,4%, respectivamente; situación que se invierte para los años 2003 (-74,98%) y 2006 (-2,2%), con una diferencia negativa, indicando que los volúmenes de movilización superan a los de aprovechamiento. Con estas estadísticas, se podría interpretar, para una posterior corroboración, la movilización de maderas que no han sido amparadas por permisos de aprovechamiento. No obstante, puesto que no se dispone de una serie histórica completa de aprovechamientos y movilizaciones forestales por

corporación, no es posible presentar una conclusión del comportamiento de estas dos variables durante el periodo. Véanse las Figuras 5.8 y 5.9.

Figura 5.8. Comparación entre los volúmenes aprovechados y movilizados en el país durante el periodo 2000 a 2006

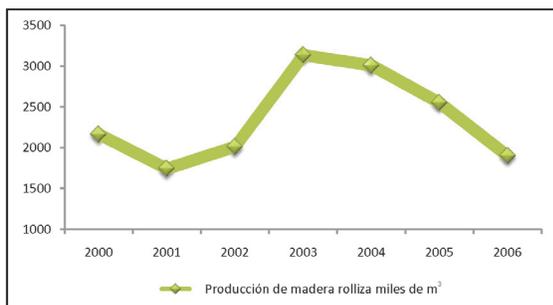
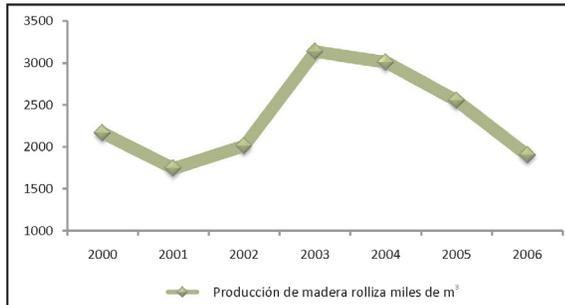


Figura 5.9. Producción de madera rolliza en Colombia (miles de m3)



Fuente: Los autores, 2008. Con base en información de la OIMT. Reseña anual y evaluación de la situación mundial de las maderas. 2006.

5.1.5 Producción forestal nacional

De acuerdo con los resultados del análisis efectuado por el IDEAM (2001), se calcula que la demanda anual de maderas en Colombia es del orden de los 13 millones de metros cúbicos, de los cuales el 84% corresponde a usos energéticos y el restante 16% a uso industrial¹³. Por su parte, con base en la información publicada por la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT, 2006)¹⁴, se obtuvo que el promedio de producción anual de madera rolliza para uso industrial en Colombia es de 2.500.000 m³; véase la Figura 5.9.

Esta demanda se sustenta básicamente en la explotación de bosques naturales y plantaciones forestales, pues las importaciones en el país representan un pequeño porcentaje de este mercado.

Con las cifras de aprovechamientos y movilizaciones de productos forestales maderables, se observa que la materia prima consumida en el país se suple principalmente de las regiones Pacífica y Amazónica. Estas dos regiones proveen cerca del 69% de la oferta maderera nacional; le siguen en orden de importancia las regiones Caribe, Andina y Orinoquia (IDEAM, 2007). En el Anexo 5.2 se presenta una reseña de la producción forestal de las regiones Pacífica y Amazónica.

5.2 LA INDUSTRIA DEL SECTOR FORESTAL

El estudio de la industria forestal maderera depende de las características asociadas con el grado de procesamiento industrial y sus requerimientos específicos de recursos forestales. Bajo esta premisa, la industria forestal puede clasificarse en dos tipos de industria: la primera, que utiliza directamente la madera en rollo-trozadas (aserradero, pulpa, chapas y contrachapados e industria de aglomerados); y la segunda, aquella que elabora productos finales a partir de la madera transformada en el primer tipo de producción (muebles de madera, maderas de construcción e industria de papel y cartón). La descripción de tales aspectos se presenta en el Anexo A5.2.

5.3 CÁLCULO DE EMISIONES Y ABSORCIONES DEL MÓDULO DE USCUS

Para determinar las variables del Módulo del uso de la tierra (suelo) y cambio en el uso de la tierra y silvicultura (USCUS), se tomaron como referencia los documentos del IPCC, principalmente las "Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero; versión revisada en 1996" (1997), y la "Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura", OBP - Lulucf (2005). Este último documento contiene las orientaciones para estimar, evaluar, supervisar e informar sobre los cambios, las reservas de carbono y las emisiones de GEI de las actividades del Módulo USCUS (Lulucf); asimismo, realiza la corrección de errores o deficiencias que hayan sido identificados en tales directrices.

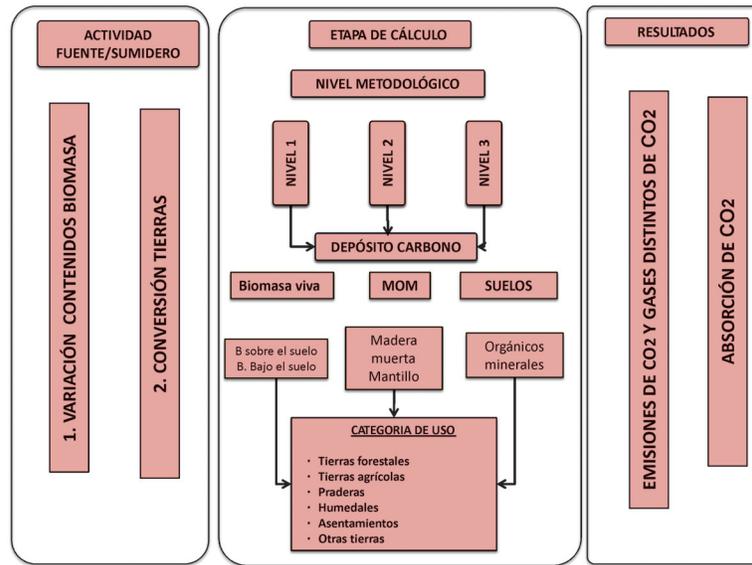
En la Figura 5.10 se presenta la propuesta para la estructura general de cálculo del Módulo USCUS, de acuerdo con la metodología OBP - Lulucf (2005)¹⁵, la que tiene como partes principales: a) las actividades que son fuente y/o sumidero de las emisiones y capturas de GEI; b) las etapas de cálculo a desarrollar de acuerdo con las categorías de uso, y c) los resultados a estimar.

13 IDEAM. Sistema de Información Ambiental para Colombia. Tomos 2 y 3, 2001

14 Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT). Reseña anual y evaluación de la situación mundial de las maderas, 2006.

15 Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. 2005

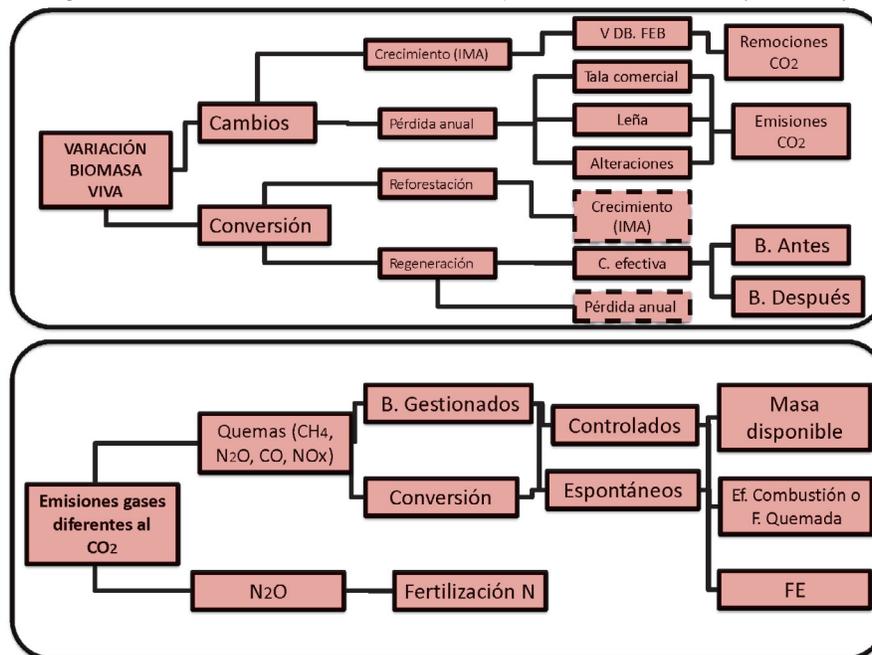
Figura 5.10. Estructura general de cálculo



Fuente: IDEAM, 2007. Con base en las orientaciones sobre las buenas prácticas, 2000

A partir de la propuesta para la estructura general se desarrollaron esquemas de cálculo más detallados por categoría principal de uso, de acuerdo con la metodología sugerida por el IPCC para la elaboración del inventario. Las categorías de uso de acuerdo con el IPCC (2005) son: tierras forestales, tierras agrícolas, praderas, humedales, asentamientos y otras tierras. En la Figura 5.11 se describen las variables necesarias para el cálculo de emisiones del módulo con base en las orientaciones sobre las buenas prácticas del IPCC.

Figura 5.11. Estructura de las variables necesarias para el cálculo del módulo (OBP, 2005)



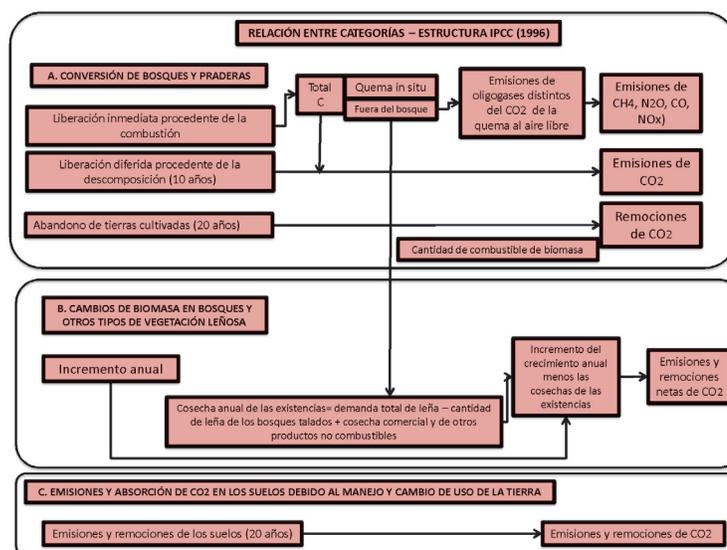
Fuente: IDEAM, 2007. Con base en la información tomada del IPCC, 1996

Es importante anotar que a pesar de que se efectuó un ejercicio de identificación y análisis de las variables necesarias para el cálculo del Módulo Lulucf con la metodología presentada en OBP-Lulucf del año 2005, estas orientaciones indican una nueva estructuración o reorganización de forma y fondo de las variables para realizar las estimaciones sobre cambios, reservas de carbono y emisiones de GEI de dicho módulo. Esta reorganización requiere, al menos en el caso del país, una nueva forma de abordar y entender el inventario que exige la utilización de información más detallada y precisa para la mayoría de las variables involucradas, situación que en muchos casos no fue posible adelantar.

Adicionalmente, en el año 2006 se publicó la nueva versión de las directrices del IPCC para los inventarios nacionales de GEI. Estas guías conservan la mayor parte de la estructura metodológica de las orientaciones (2005), no obstante incorporan una importante modificación al unir la estimación de GEI de los Módulos agricultura y Lulucf; asimismo, de acuerdo con el IPCC (2006), se incluyen fuentes y gases nuevos, así como actualizaciones de los métodos publicados con anterioridad, en la medida en la que ha mejorado el conocimiento científico y técnico desde la publicación de las directrices anteriores. Esta situación genera un mayor reto al tener que afrontar los cálculos del inventario de GEI, reto que implica una nueva comprensión en la organización y procesos metodológicos establecidos por las nuevas directrices, así como una nueva evaluación de la disponibilidad de la información para las variables requeridas. Por tales razones, para la elaboración de futuros inventarios de GEI del módulo, se debe llevar a cabo una estrategia de preparación paulatina a los responsables institucionales de generar la información necesaria para el inventario de GEI en el sector silvícola, con el fin de facilitar el tránsito al uso de las nuevas orientaciones.

En consecuencia, se decidió estimar las emisiones del módulo bajo la metodología expuesta en las directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (1997). Véase la Figura 5.12.

Figura 5.12. Estructura general del cálculo (OBP, 2005)



Fuente: IDEAM, 2007. Con base en la información del IPCC (1996)

5.3.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL CÁLCULO

Como bien se indicó, para el análisis de la información se tomó como referencia las variables identificadas en las directrices del IPCC (1997). Dichas directrices representan la versión oficial aprobada por el país para reportar el inventario de GEI, de acuerdo con los compromisos internacionales y la existencia de información fuente. Las principales categorías son:

- a. Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa.
- b. Conversión de bosques y praderas.
- c. Abandono de tierras cultivadas.
- d. Emisión y absorción de CO₂ en los suelos por manejo y cambio en el uso de la tierra.

La metodología considera tres niveles para el cálculo, dependiendo de la información disponible en cada país, que son, nivel 1: valores por omisión o defecto (default) nivel 2: datos del país, y nivel 3: inventarios nacionales y modelos detallados. Las fuentes de información principales y las variables de cálculo bajo las directrices del IPCC (1997), sobre las que finalmente se adelantó el inventario se relacionan en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Variables y fuentes de información

Variable	Fuente
Superficie de bosques (plantaciones forestales y árboles en zonas urbanas)	MADR, DNP, Sistema Técnico Estadístico para Plantaciones Industriales Forestales-Sitep-, DANE, MAVDT, JBB, DADMA, AMVA, Corpocesar
Tasa de crecimiento anual	MADR, CONIF, Pizano, OIMT- MAVDT -UT, Escobar-Rodríguez, et. al., FBDS-C&T, Agudelo et al., Herrera et al., IPCC.
Fracción de carbono de la materia seca (ms)	Orrego S.A. et al.
Cosecha comercial de madera y leña	OIMT, DANE, IDEAM, UPME
Superficie de bosques convertida anualmente	IDEAM
Biomasa antes y después de la conversión	Ideam, IGAC, UD, UT, UNAL, IPCC.
Fraciones de carbono liberado por quema de biomasa aérea <i>in situ</i> , ex situ y abandonada	Expertos regionales, IDEAM
Superficie abandonada y tasa de crecimiento	Sistema Integrado para el Monitoreo de Cultivos Ilícitos -Simci II-, IDEAM
Suelos	IGAC, ICA, IDEAM, IPCC

Fuente: IDEAM, 2007

5.3.2 PROCESO DE CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE GEI

En el Anexo 5.1 se presentan los métodos de cálculo y los resultados obtenidos. La metodología se describe según el proceso aplicado en las directrices del IPCC ya mencionadas, que sigue una secuencia por categorías y por pasos para el desarrollo de los procedimientos.

5.3.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LAS EMISIONES

De acuerdo con las metodologías de cálculo expuestas en el Anexo 5.1, a continuación se consolidan los resultados en las tablas correspondientes de las emisiones de GEI, calculadas para el año 2000. Véase las tablas 5.5 y 5.6, del Módulo de uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura.

Tabla 5.5. Emisiones de GEI - año 2000

Módulo Uso de la Tierra, Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura - Año 2000 (Gg)								Gg CO ₂ eq	Participación %
Categorías de fuentes y sumideros de GEI	Emisión de CO ₂	Remoción de CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO			
TOTAL USCUS	30.095,40	-150,47	12,67	0,09	3,15	110,88	30.238,7		
A. Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	6.412,76						6412,76	21,21	
B. Conversión de bosques y praderas	16.345,70		12,67	0,09	3,15	110,88	16.639,67	55,03	
C. Abandono de tierras cultivadas		-150,47					-150,47	-0,50	
D. Emisiones de CO ₂ de los suelos	7.336,94						7.336,94	24,26	

Fuente: Los autores, 2007

Tabla 5.6. Emisiones de GEI - año 2004

Módulo Uso de la Tierra, Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura - Año 2004 (Gg)								Gg CO ₂ eq	Participación %
Categorías de fuentes y sumideros de GEI	Emisión de CO ₂	Remoción de CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO			
Total USCUS	25.820,95	-100,39	12,67	0,09	3,15	110,88	26.014,53		
A. Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa	2.130,90						2130,9	8,19	
B. Conversión de bosques y praderas	16.345,70		12,67	0,09	3,15	110,88	16639,7	63,96	
C. Abandono de tierras cultivadas		-100,39					-100,39	-0,39	
D. Emisiones de CO ₂ de los suelos	7.344,35						7.344,35	28,23	

Fuente: Los autores, 2007



5.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En general, los resultados de las emisiones netas de CO₂, para los años 2000 y 2004, muestran una reducción del 14%, resultado de una disminución de las emisiones netas provenientes de la categoría: A. Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa y, en una menor proporción, por el aumento de las remociones de CO₂ en la categoría: C. Abandono de tierras cultivadas.

La categoría: A. Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa, presenta disminución como resultado de la cantidad de biomasa cosechada, especialmente en el consumo de leña, y por el aumento en la remoción de CO₂, por el incremento en la superficie de plantaciones forestales establecidas. La categoría C presenta una disminución asociada a falta de información sobre el abandono de tierras.

Con respecto a los resultados de las categorías: B. Conversión de bosques y praderas y D. Emisiones de CO₂ de los suelos, no fue posible realizar una evaluación para los años del inventario, porque tales cifras no variaron en forma significativa.

En las figuras 5.13 y 5.14 se comparan los resultados de emisiones y remociones de CO₂ total y por categoría para los años 2000 y 2004, respectivamente.

Figura 5.13. Emisión y remoción de CO₂ total

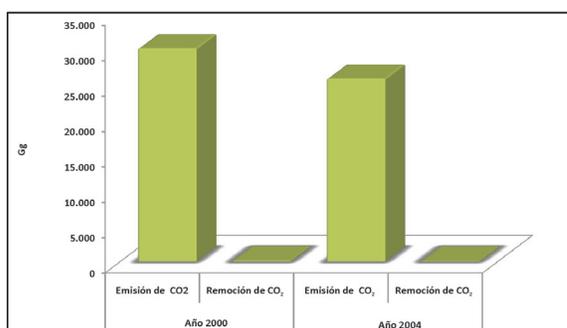
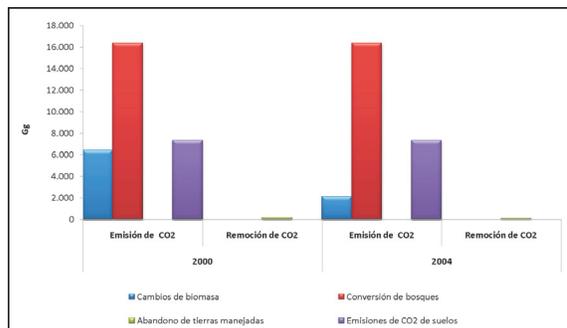


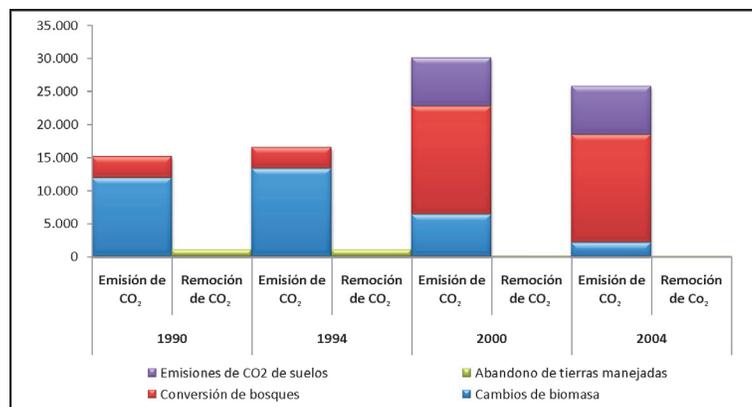
Figura 5.14. Emisión y remoción de CO₂ por categorías



Fuente: Los autores, 2007.

Se observa el descenso de las emisiones de CO₂ del año 2000 al año 2004, principalmente por la categoría de A. Cambios en la biomasa de bosques.

Figura 5.15. Comparación de emisión y remoción de CO₂ por categoría de fuente



Fuente: Los autores, 2007

En la Figura 5.15 se comparan los resultados de los Inventarios por categorías fuente y sumidero de CO₂. Se resaltan las disminuciones en las emisiones netas de CO₂ para la categoría A. Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa en contraste con los posibles aumentos en las emisiones de CO₂ para las categorías B. Conversión de bosques y praderas y la categoría D. Emisiones de CO₂ de los suelos. De nuevo, estos aumentos, así como las aparentes disminuciones en remociones de CO₂, se relacionan con cambios en la interpretación metodológica para la realización de los dos inventarios, tal como se explica para cada categoría principal.

5.4.1 CAMBIOS DE BIOMASA EN BOSQUES PLANTADOS Y OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA

En relación con esta categoría (A), los incrementos anuales de biomasa desde 1990 han registrado aumentos en la superficie establecida de plantaciones forestales comerciales, tal como se observa en la Figura 5.16. Adicionalmente, para los presentes inventarios de GEI fue posible incluir información sobre la superficie establecida de plantaciones protectoras.

Lo anterior se refleja en el aumento de remociones de CO₂ por concepto de la categoría A. Cambios de biomasa en bosques, que influye en la disminución de las emisiones netas de CO₂ por la misma categoría para los años 2000 y 2004, con respecto a los años 1990 y 1994. Véase la Figura 5.17.

Figura 5.16. Establecimiento de plantaciones forestales

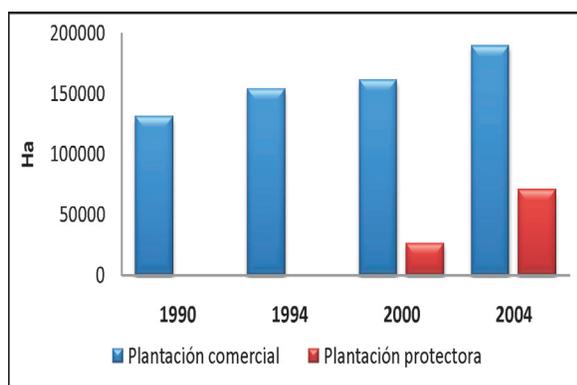
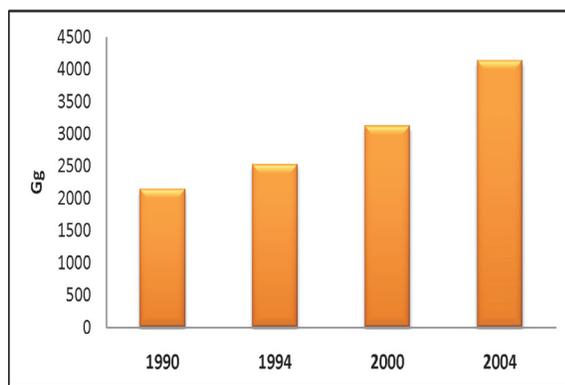


Figura 5.17. Remoción de CO₂ por cambios de biomasa en bosques



Fuente: Los autores, 2007

Asimismo, para el inventario del año 2004 se incluyó información sobre la remoción de CO₂ por el crecimiento de árboles en zonas urbanas de cuatro ciudades. Aunque esta captura representa tan sólo un 0,71% del total removido en ese año para la presente categoría, este valor debe aumentar en concordancia con las gestiones adelantadas en todas las ciudades del país.

En la Figura 5.17, se observa el aumento en las remociones de CO₂ por la categoría evaluada, que representa 45% entre 1990 y 2000, y 64% entre 1994 y 2004.

De otro lado, se encuentran las salidas de biomasa relacionadas con la cosecha comercial y el consumo de leña; en las Figuras 5.18 y 5.19 se observa la tendencia de estas dos variables a través de los años de análisis.

En relación con la cosecha comercial, se refleja una disminución de 34% del volumen de madera entre los años 1990 y 2000 y de 44% entre los años 1994 y 2004. El consumo de leña muestra un descenso de 33% entre los años 1990 y 2000 y de 52% entre los años 1994 y 2004; las posibles razones se relacionan con los programas nacionales de sustitución de leña por gas.

Figura 5.18. Cosecha comercial (m³)

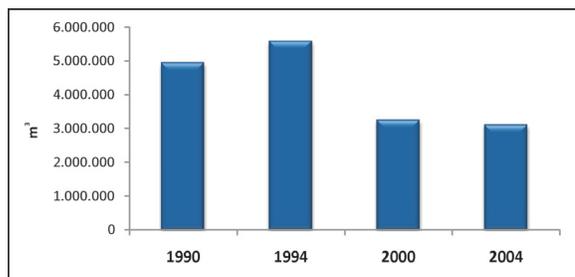
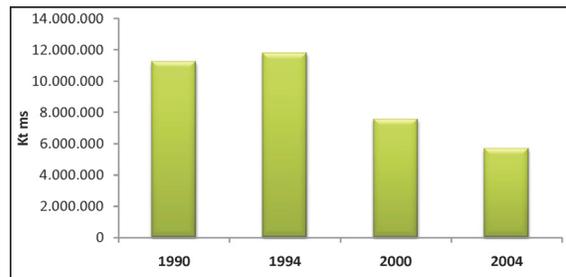


Figura 5.19. Consumo de leña (materia seca - ms - en kilotoneladas)



Fuente: Los autores, 2007

De esta manera, el consumo total de biomasa (considerando solamente la leña que se presume proviene de los cambios de biomasa en bosques) y, por consiguiente, las emisiones totales de CO₂, han disminuido en el último periodo evaluado 2000 y 2004. Entre 1990¹⁶ y 2000, la reducción fue de 32% y de 60% entre 1994 y 2004. Véase la Figura 5.20.

Al realizar un balance entre los incrementos y salidas de biomasa, se concluye que se han producido liberaciones o remociones netas de CO₂ para los cuatro años de evaluación. Las emisiones sobrepasaron las capturas, sin embargo, estas emisiones netas han disminuido 46% entre los años 1990¹⁷ y 2000 y 84% entre 1994 y 2004. Tales reducciones se relacionan con los aumentos en las remociones de CO₂ y con la disminución de las emisiones por consumo total de biomasa. Véase la Figura 5.21.

Figura 5.20. Liberación total de CO₂ por cambios de biomasa en bosques

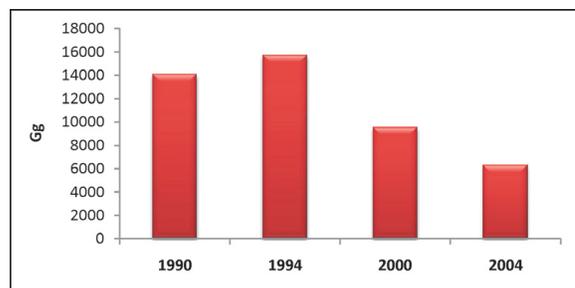
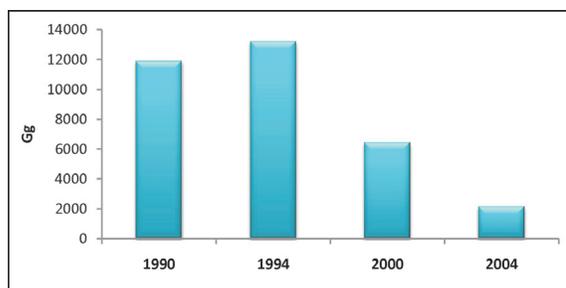


Figura 5.21. Liberación neta de CO₂ por cambios de biomasa en bosques



Fuente: IDEAM, 2007

5.4.2 CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS

Para esta categoría (B), existen restricciones para comparar directamente los resultados del inventario de los años 1990 y 1994, contra las actuales estimaciones para 2000 y 2004, en razón a las diferencias metodológicas, tomando como referencia las directrices del IPCC (1997). Para esta categoría, en el inventario de 1990 y 1994, se contabilizó únicamente el carbono liberado por combustión de la biomasa y por la descomposición de la biomasa abandonada en el sitio de conversión.

Para el presente inventario se consideraron las indicaciones del IPCC (1997), al contabilizar en el módulo las emisiones de CO₂ por el carbono liberado durante la combustión de la biomasa fuera del sitio de conversión. En este sentido, se deberían excluir las emisiones de gases diferentes al CO₂ por la quema de biomasa fuera del sitio de conversión, ya que éstas se incluyen en el Módulo de energía.

¹⁶ Tomando el valor corregido de las hojas de cálculo de 1990.

¹⁷ Tomando el valor corregido de las hojas de cálculo de 1990. El valor publicado en la Primera Comunicación Nacional fue de 8.654 Gg de CO₂ para las emisiones netas por la categoría de *Cambios de biomasa en los bosques y otros tipos de vegetación leñosa*.

Figura 5.22. Liberación de CO₂ por conversión de bosques (Sin quemas ex situ)

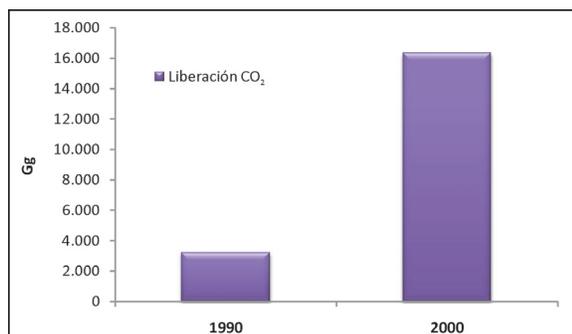
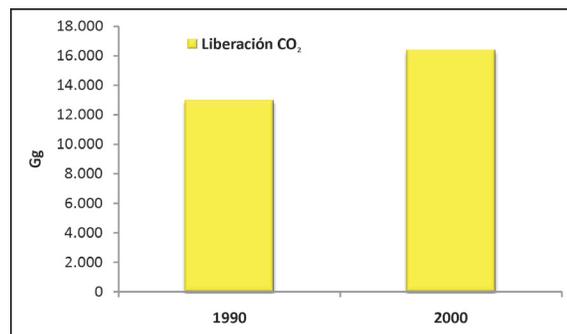


Figura 5.23. Liberación de CO₂ por conversión de bosques (Con quemas ex situ)



Fuente: Los autores, 2007

La Figura 5.22, compara las emisiones de CO₂ del inventario del año 1990 (no incluye quemas *ex situ*) y del año 2000¹⁸. Se podría interpretar en primera instancia que las emisiones aumentaron significativamente entre los dos años. No obstante, si se comparan tales emisiones, considerando todas las opciones de liberación de carbono para las emisiones de CO₂ (incluye quemas *ex situ*), el incremento de las emisiones estaría alrededor del 26%. Véase la Figura 5.23.

En estos términos, el incremento de las emisiones estaría dado, entre otros, por el aumento del dato de conversión anual de la superficie de bosques, que pasó de cerca de 92 mil hectáreas (periodo de evaluación años 1986 a 1996) a 118 mil hectáreas (periodo de evaluación 1986 a 2001), representando una variación del 28%.

Otro aspecto que diferencia los cálculos de los inventarios es la generación de una nueva propuesta en relación con las diferentes fracciones de la biomasa perdida por categoría de conversión de bosques¹⁹ y discriminada por regiones del país. En la Figura 5.24 se presenta un ejemplo, en términos de liberación de carbono y de la variación en los destinos de la biomasa, de acuerdo con las fracciones que fueron aplicadas en cada inventario de GEI.

Para el año 1990, en la categoría de conversión de bosques se generó mayor liberación de carbono por la quema de biomasa fuera del sitio. Lo anterior teniendo en cuenta que: 1) no se contabilizó en las emisiones finales; 2) por la descomposición de la biomasa abandonada, y 3) por quema en el sitio de conversión.

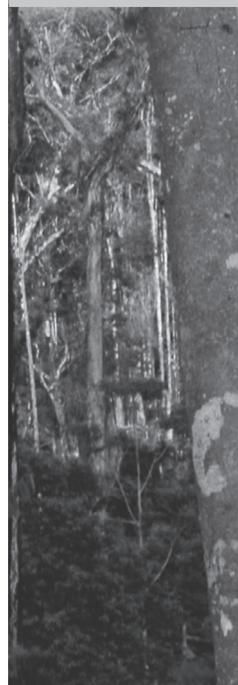
En términos de liberación de carbono, los resultados del año 2000 contra los del año 1990, en la categoría conversión de bosques, cambia el orden, presentando la siguiente secuencia: 1) descomposición de la biomasa abandonada; 2) quema de biomasa fuera del sitio, y 3) quema en el sitio de conversión.

De otra parte, hay que considerar los resultados de la aplicación del proceso metodológico para estimar la biomasa presente antes de la conversión²⁰. En términos generales se avanzó en la aplicación de la metodología original que propone la generación de datos de densidad de biomasa por área reales, incorporando aproximaciones a procesos de degradación de los bosques a través de inventarios forestales. No obstante, se enfatiza en la necesidad de actualizar la información relacionada con datos de inventarios forestales, volumen y biomasa para diferentes tipos de bosques, teniendo en

18 Los años 1994 y 2004 no se comparan porque los resultados son iguales.

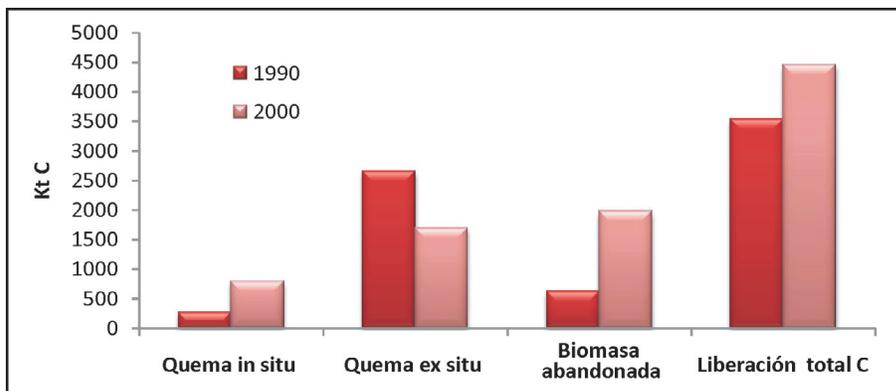
19 Que comprende biomasa quemada insitu, biomasa quemada exsitu y biomasa abandonada.

20 Proceso desarrollado por Iverson, Brown, *et al.* (1994), ajustado por Alarcón y Cardona (2001), reconstruido y actualizado durante la realización de este inventario.



cuenta la degradación existente. Al contar con esta información actualizada se podría obtener mayor precisión en la aplicación de la metodología de Iverson et al. (1994), además realizar una aproximación general al estado de degradación real de estos bosques.

Figura 5.24. Emisión de carbono. Comparación entre las fracciones utilizadas en los inventarios de GEI

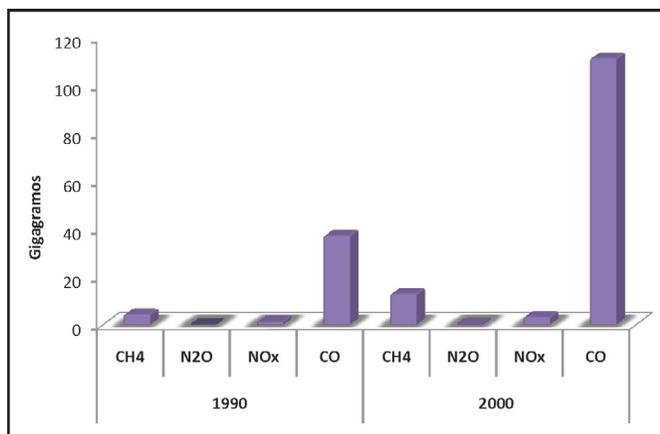


Fuente: Los autores, 2007

5.4.3 EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO₂ (POR QUEMA *INSITU*)

En relación con la emisión de gases diferentes al CO₂ que se producen como resultado de la combustión de biomasa en el sitio de conversión (CH₄, N₂O, CO y NO_x), se comparan los resultados de sus emisiones entre los años 1990 y 2000. En esta comparación deben considerarse las diferencias metodológicas de cada inventario, en aspectos como la variación de las diferentes fracciones de la biomasa perdida por la categoría de conversión de bosques. Véase la Figura 5.25.

Figura 5.25. Liberación de gases por quemas e biomasa en el sitio de conversión



Fuente: Los autores, 2007

21 Tomando el valor corregido para el año 1994. El valor publicado en el Inventario de 1994 fue de 2.034,7 Gg de CO₂ para las remociones por la categoría de *Abandono de tierras cultivadas*, valor corregido en la fe de erratas de la misma publicación de 1.023,9 Gg de CO₂.

Asimismo, influye en los resultados la variación en la cifra de la conversión anual de la superficie de bosques, que aumentó entre los dos años.

5.4.4 ABANDONO DE TIERRAS CULTIVADAS

En esta categoría (C), no es procedente comparar directamente los resultados de los inventarios²¹, porque representaría una reducción significativa de 85 a 90% en las remociones de CO₂ generadas por el recrecimiento de la vegetación en tierras de cultivo abandonadas.

La razón principal de esta variación en los resultados fue el tipo y disponibilidad de información que se utilizó para la realización de los cálculos. En el inventario de los años 1990 y 1994, se utilizaron los mapas de coberturas vegetales, uso y ocupación del territorio generados por IDEAM para estimar la variable superficie total abandonada y en etapa de regeneración en los últimos veinte años. Esta fuente se reconsideró para el inventario de los años 2000 y 2004, tomando en cuenta que los mapas no permiten diferenciar las áreas de cultivo o pastoreo que son abandonadas y que pasan a convertirse en áreas con recrecimiento de la vegetación natural en los primeros estados sucesionales.

De igual forma, se reconoce que los resultados estimados en el actual inventario constituyen una aproximación parcial a las cifras totales, situación que puede generar una posible subvaloración de la capacidad real del país en términos de remoción de CO₂ por esta categoría. Véase la Figura 5.26.

Figura 5.26. Remoción de CO₂ por abandono de tierras cultivadas

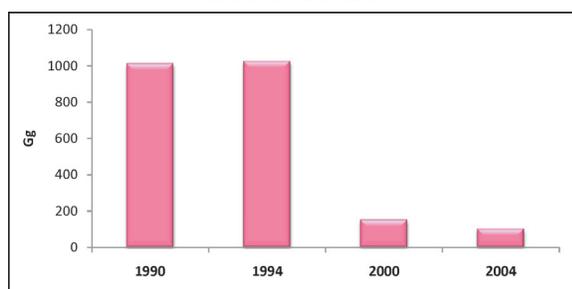
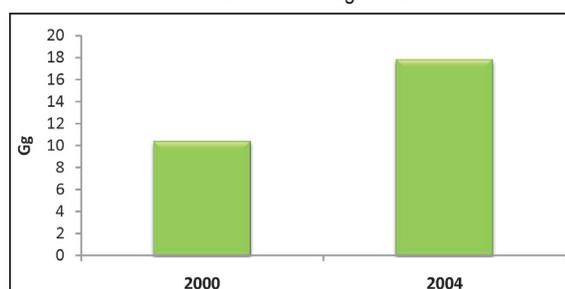


Figura 5.27. Liberación de CO₂ por abonado con cal de suelos agrícolas



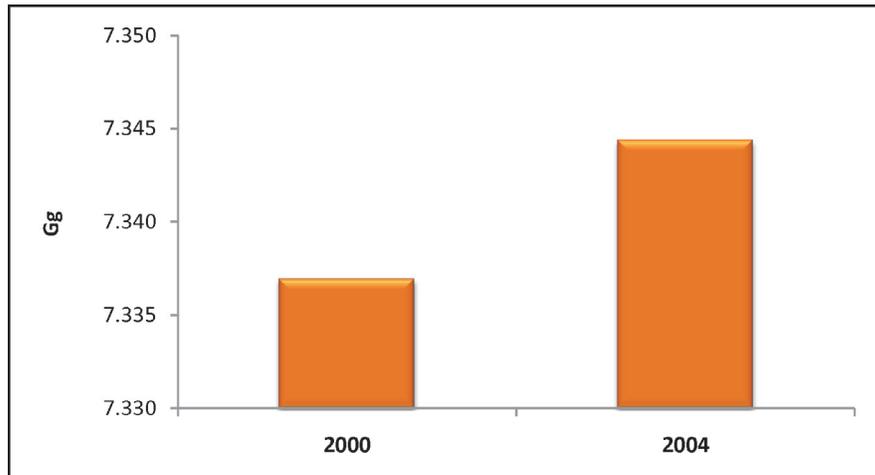
Fuente: Los autores, 2007

5.4.5 EMISIÓN DE CO₂ EN LOS SUELOS POR EL MANEJO Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA

En esta categoría (D), en el cálculo de emisiones de los suelos, existen diferencias metodológicas que impiden la comparación de los inventarios, debido a que en el inventario de GEI de los años 1990 y 1994, no se estimaron las emisiones procedentes de suelos orgánicos, además de las generadas por el abonado con cal de suelos agrícolas. En relación con los actuales resultados, para esta categoría se avanzó en la estimación de las emisiones ocasionadas por todas las actividades propuestas por el IPCC (1997), que incluyen suelos minerales, suelos orgánicos y el abonado con cal de suelos agrícolas.

Se logró discriminar información para las emisiones de CO₂ por abonado con cal de suelos agrícolas para los años 2000 y 2004. En la estimación de las emisiones de suelos minerales y orgánicos se utilizó la misma cifra para los dos años por no contar con información específica para el año 2004.

Como se muestra la Figura 5.27, hay un aumento de 80% en las emisiones de CO₂ procedentes del abonado con cal de suelos agrícolas. Se reitera que estas estimaciones tuvieron como base los reportes de la venta de fertilizantes y acondicionadores para los años del inventario no pudiéndose afirmar que el total de la cantidad vendida anualmente de estos productos haya sido aplicado el año del inventario.

Figura 5.28. Liberación total de CO₂ procedente de suelos

Fuente: Los autores, 2007

Tomando las emisiones totales de CO₂ procedentes de los suelos y ocasionadas por el manejo y cambio de uso de la tierra (véase la Figura 5.28), se observa una variación del 0,14% entre los años 2000 y 2004, debido al aumento de las emisiones por el abonado con cal de suelos agrícolas.

5.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos, se presentan conclusiones y recomendaciones frente a las restricciones y alcances del proceso de cálculo del Módulo Lulucf ó Uscuss.

En términos colectivos, se requiere adelantar una estrategia de preparación paulatina a los responsables institucionales de generar la información necesaria con el fin de facilitar el tránsito hacia la aplicación de las nuevas orientaciones del IPCC, que permitan afinar las estimaciones para el módulo en futuros inventarios de GEI.

5.5.1 CATEGORÍA A. CAMBIOS DE BIOMASA EN BOSQUES Y OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA

- En términos generales, se presentó una disminución en las emisiones totales y netas de CO₂ entre los años 2000 y 2004, ocasionada principalmente por la disminución de las emisiones netas provenientes de esta categoría. Además, fue la única categoría que permitió la comparación de los inventarios de los años 1990 y 1994 con 2000 y 2004. Para las restantes categorías se realizó una aproximación entre estos resultados, en la medida en que lo permitieron las restricciones por diferencias metodológicas y por la disponibilidad de la información para los cálculos.
- Se dio un aumento en la captura de CO₂ como resultado de las cifras de superficie plantada durante los años 2000 y 2004, que aumentaron con respecto a los años 1990 y 1994.
- La disminución de las emisiones de CO₂ causadas por el consumo de biomasa cosechada y el aumento en la captura de CO₂ por el incremento en la superficie plantada, generaron un descenso en las emisiones netas de CO₂ para la categoría los años del inventario 2000 y 2004 y en comparación con los años 1990 y 1994. Sin embargo este descenso se ve influenciado por la información utilizada.

- Se incorporaron datos de superficie establecida con plantaciones protectoras y el número de árboles existentes en algunos centros urbanos. No obstante, es necesario lograr una mayor información sobre el número de árboles existentes en las zonas urbanas de las ciudades del país que no fueron incluidas en el presente inventario.
- Es importante afinar la información sobre la superficie de plantaciones forestales para determinar con mayor exactitud la superficie plantada, descontando la superficie aprovechada que existe al año del inventario. Asimismo, es necesario determinar las cifras de superficie anual plantada, por cada especie forestal, por lo menos para las principales especies utilizadas.
- Igualmente, para esta categoría es necesario incorporar los incrementos de carbono por el crecimiento de los bosques intervenidos o aprovechados; para estos fines se requiere establecer la superficie de estos bosques y las tasas de crecimiento anuales.

5.5.2 CATEGORÍA B. CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS

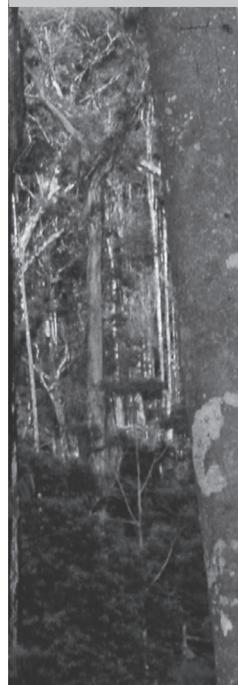
- Al relacionar las emisiones totales de CO₂ de esta categoría, con base en el actual inventario contra los años 1990 y 1994, se presenta un aumento considerable en los resultados obtenidos. Esta situación es producto de cambios y avances en la interpretación de los procesos metodológicos del inventario, en particular de la inclusión de las emisiones de CO₂ por quemas de biomasa fuera del sitio de conversión, las cuales no fueron incorporadas en los anteriores inventarios.
- Se avanzó, con el apoyo de expertos, en el desarrollo de una propuesta por regiones sobre las diferentes fracciones de biomasa perdida por la categoría de conversión de bosques (biomasa quemada insitu, biomasa quemada exsitu y biomasa abandonada). Es importante consolidar aún más esta propuesta sobre las fracciones de biomasa con el aporte de información y mediante nuevos aportes de expertos, además de la generación de estudios de campo.
- Para la estimación de la biomasa presente antes de la conversión, se avanzó en la reconstrucción y actualización del proceso metodológico desarrollado por Iverson et al., (1994) y ajustado por Alarcón y Cardona (2001). Sin embargo, se requiere actualizar la información sobre inventarios forestales, específicamente sobre la densidad de biomasa existente en diferentes tipos de bosque, teniendo en cuenta, además, la degradación que exista.

5.5.3 CATEGORÍA C. ABANDONO DE TIERRAS CULTIVADAS

- Para esta categoría es necesario generar información nacional de la superficie abandonada, junto con la que se encuentra en etapa de regeneración, mínimo durante un período de veinte años, tomando como base el año 2000. En las estimaciones del actual inventario no fue posible incorporar esta información en su verdadera dimensión y se considera que podría subvalorarse el potencial de captura de CO₂ del país por esta categoría.

5.5.4 CATEGORÍA D. EMISIONES DE CO2 EN LOS SUELOS

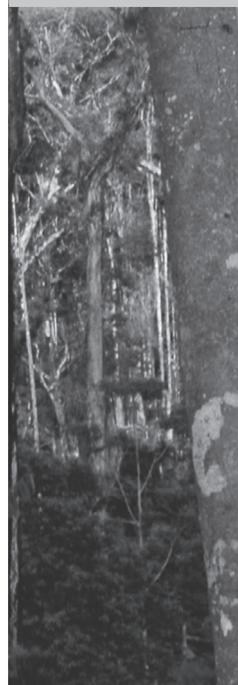
- Se lograron avances en esta categoría frente al inventario de los años 1990 y 1994, donde se calcularon emisiones por suelos minerales y se incorporaron los suelos orgánicos y por abonado de cal. Este cálculo mostró que las emisiones totales de CO₂ de los suelos aparentemente aumentaron en comparación con los inventarios anteriores. Sin embargo, se requiere información comparable para el 2004, con respecto a la superficie por sistema de uso que permita diferenciar los resultados con el año 2000.
- En el caso de las emisiones de CO₂ por el abonado con cal de suelos agrícolas, se recomienda contar con información sobre las cantidades reales aplicadas en cada año del inventario, porque la información utilizada sobre venta de fertilizantes y acondicionadores podría sobrestimar las emisiones anuales.



BIBLIOGRAFÍA

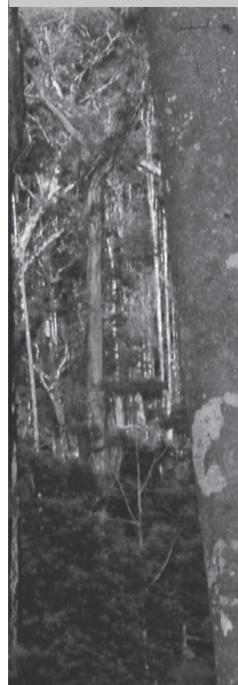
- AGUDELO J., & RAMÍREZ A. Robledales en Colombia. [En línea] Disponible en: www.monografias.com.
- ALARCÓN, J. C., & CARDONA, M. C. Metodología para estimar cambios en biomasa aérea boscosa y su relación con la emisión y captura de dióxido de carbono (CO₂), usando sistemas de información geográfica, estudio de caso, bosques de la ecorregión de la Serranía de San Lucas y su área de influencia para el periodo 1970 a 1990. Trabajo de grado de Maestría en Gestión Ambiental. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 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. Subdirección de Ecosistemas. Bogotá: IDEAM. 2001.
- BANCOLDEX, 2004. [En línea]. Con base en datos del DANE. Bogotá: El autor, 2004. [Citado en: 28-05-2008]. Disponible en: http://www.bancoldex.com/pdf/indicadores_productosmadera_octubre2004.pdf.
- CÁRDENAS, L., D, LÓPEZ R., MARÍN C., ARIAS J. y TUNJANO S. Botánica de la amazonia colombiana: doscientos años después de Martius. En: Revista Colombia Amazónica. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi agosto de 2006. Agosto de 2006 p. 71-99.
- CÁRDENAS L. y D. N. R. SALINAS. Libro Rojo de plantas de Colombia. Vol. 4; Especies maderables amenazadas: primera parte. Serie libros Rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi) y Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007. p 232.
- CHRISTEN, V. H, etal. Los recursos forestales de Colombia y perspectivas para su desarrollo económico. Bogotá: 1998 p. 5.
- COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 877 de 1976 (10 de mayo). Bogotá: el autor.
- COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 1791 de 1996 (04 de octubre). Bogotá: El autor.
- COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. Marco de lista de las plantaciones forestales comerciales a nivel nacional. Sistema de información del sector agropecuario y pesquero colombiano (Sisac). Bogotá: DANE, 2006.
- _____. Clasificación Industrial Internacional Uniforme. Revisión 3. Adaptada para Colombia. Bogotá: DANE. 2003
- COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Documento Conpes 3130. Evaluación del programa de oferta agropecuaria Proagro en el año 2000. Bogotá: DNP, 2001.
- _____. Cadenas productivas, estructura, comercio internacional y protección. Madera y muebles de madera. [En línea]. Bogotá, Colombia 2004. [Citado en: 28-05-2008] Disponible en: <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/DDE/Maderas.pdf>. DNP
- COLOMBIA. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Reportes de producción y venta de fertilizantes y acondicionadores de suelos por clase y fuente - años 2000 y 2004. Bogotá: ICA.
- COLOMBIA. UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES NACIONALES NATURALES. Planes de manejo. Bogotá, Colombia: UAESPNN, 2005.
- COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Memoria técnica mapa de coberturas vegetales, uso y ocupación del territorio, Escala 1: 1.500.000. Bogotá: IDEAM, 1996.
- _____. Mapas de coberturas vegetales, uso y ocupación del territorio. Escala 1: 500.000. Bogotá: IDEAM, 1986 y 2001.

- _____. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá: IDEAM, 2001.
- _____. Protocolo para el acopio, registro y validación de la información relacionada con aprovechamiento, movilización y decomiso de productos forestales en el SEFC del IDEAM. Bogotá: Los autores, 2005. p 180.
- _____. 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. 2006.
- _____. MAVDT, IAvH, SINCHI, INVEMAR, IAP, UAESPNN, IGAC, ASOCARS. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Bogotá: Los autores, 2004.
- COLOMBIA. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Mapa de suelos a escala 1:500.000 y Memoria explicativa del mapa de suelos. Bogotá: IGAC, 2003.
- COLOMBIA. Congreso de la República. Bogotá: el autor. Ley 2 de 1959 (10 de diciembre).
- COLOMBIA. Congreso de la República. Bogotá: el autor. Ley 99 de 1993 (22 de diciembre).
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Logros y avances del programa ambiental. Créditos BID 774/OC-CO y 910/SF-CO. Informe final de cierre 1994-2003. Bogotá: el autor, 2003.
- COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política de bosques. Bogotá: el autor, 1996.
- _____. Plan Estratégico para la restauración y el establecimiento de bosques en Colombia. Plan verde. Bogotá: el autor, 1998.
- CONSERVACIÓN INTERNACIONAL. Mapa de bosques y deforestación de los Andes tropicales 1990-2000. Volante informativo. Bogotá: CI. 2006.
- CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCÓ. Reportes de movilización de madera en el departamento del Chocó. Quibdó: Codechocó, 2007.
- CORPORACIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y FOMENTO FORESTAL. Identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. Serie técnica N° 32. Bogotá: Conif, 1995.
- _____. Efectos socioeconómicos de las plantaciones forestales. Serie técnica No. 45. Santafé de Bogotá: Conif, 2000. 122 p.
- _____. Informe anual. Bogotá: Conif, 2001. p 46.
- _____. Informe anual. Bogotá: Conif, 2003. p 32.
- CORPORACIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y FOMENTO FORESTAL y CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL RÍO GRANDE DE LA MAGDALENA. Estudio del mercado nacional e internacional de la madera. Plan de desarrollo forestal productivo en municipios ribereños del río Magdalena. Colombia. Bogotá: Conif-Cormagdalena, 2000.
- CORPORACIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y FOMENTO FORESTAL y FAO. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Informe Nacional Colombia. P x. Roma: Los autores, 2004.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA. Identificación de áreas prioritarias para la conservación de cinco ecorregiones en América Latina: GEF/1010-00-14. Ecoregión Chocó-Darién, Panamá-Colombia - Ecuador. Cali: CVC, 2003.
- ESCOBAR O., y RODRÍGUEZ J. Las maderas en Colombia - Fichas técnicas, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Laboratorio de productos forestales. 1993.
- FAO. Comisión forestal para América Latina y el Caribe. Pánel técnico en sesión: extracción forestal ilegal. 22 reunión. Buenos Aires, Argentina, 7 - 11 de octubre del 2002.



- FINAGRO y Sistemas integrales de manejo ambiental (Sima). Evaluación de la eficacia del CIF y su operatividad. Bogotá: El autor, 2003.
- FONT QUER. Diccionario de botánica. Bogotá: 1977. p. 534, 648 y 942.
- FUNDACIÓN BRASILEÑA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE (FBDS), MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CyT). Emisiones y remociones de dióxido de carbono mediante cambios en las reservas de bosques plantados. Primer Inventario Brasileño de Emisiones Antrópicas de Gases de Efecto Invernadero - Informes de Referencia. Brasil. 2002.
- HERRERA J. F., MORALES W. y PÉREZ J. Selección de un método para producir carbón activado utilizando cuatro especies forestales. Universidad Nacional de Medellín. 2004.
- IDEAM, IAVH, IGAC, IIAP, INVEMAR & SINCHI. Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos, escala 1: 500.000. Memoria técnica y cobertura digital. Versión preliminar - Documento sin publicar. Bogotá: los autores, 2007.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES DEL PACÍFICO (IIAP), CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCÓ (Codechocó) Y ARTESANÍAS DE COLOMBIA. Pre-diagnóstico situacional de las especies vegetales utilizadas en la elaboración de artesanías en el departamento del Chocó. 2005.
- IIAP y ARTESANÍAS DE COLOMBIA. Proyecto investigación aplicada e implementación de buenas prácticas para el aprovechamiento y transformación sostenible de materias primas vegetales de uso artesanal en el departamento del Chocó. 2007.
- IIAP y CODECHOCÓ. Diagnóstico y zonificación del ecosistema de Manglar del Pacífico chocoano. 2006.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI y MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Zonificación Ecológica de la región pacífica colombiana. Bogotá: IGAC, 2000. p 365.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE (IPCC). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Revised 1996. 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: IPCC, 1997.
- _____. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Suiza: Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug T., Kruger D., Pipatti R., Buendía L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. y Wagner F. 2005.
- _____. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. París: Eggleston S., Buendía L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. 2006.
- IVERSON, L., et al. 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. New York, USA: Dale, V. - Springer Verlag, 1994.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL y OBSERVATORIO AGROCADENAS COLOMBIA. La cadena forestal y madera en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Documento de Trabajo No. 64. Bogotá: Los autores, 2005. p. 42.
- _____. Características y estructura del sector forestal - madera - muebles en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Documento de Trabajo No.95. Bogotá: Los autores, 2005. p 62.
- _____. Comportamiento del empleo generado por las cadenas agroproductivas en Colombia. Memorando agrocadenas No. 10. Bogotá: Los autores, septiembre de 2005.
- _____. Colombia: un país de oportunidades para la inversión forestal. Tomado de página de internet www.minagricultura.gov.co/06docypresent/06_doc.aspx. 2007.
- _____. Reportes de áreas sembradas en cultivos forestales comerciales para el periodo 2002 a 2006. Sistema de gestión y seguimiento a las metas del gobierno Sigob. [En línea] <http://www.sigob.gov.co/pnd/inst.aspx>. Colombia, actualizada 2007.

- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, IGAC y CONSERVACIÓN INTERNACIONAL (CI). Reservas forestales protectoras nacionales de Colombia, Atlas Básico. Bogotá: Los autores, 2005.
- MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, IDEAM y PNUD. Cambio Climático Fase II. Módulo de cambio en el uso de la tierra y silvicultura, cambios en stocks de biomasa. Bogotá: Los autores, 2006. p 72.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN y OTROS MINISTERIOS. Plan Nacional de Desarrollo Forestal. Bogotá: Los autores, 2000.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE y TECNIFOREST. Evaluación de la oferta y la demanda nacional de productos forestales maderables y no maderables. Informe final. Santafé de Bogotá: MMA, 1999.
- MOTTA, María. Régimen de aprovechamiento del bosque natural y sistema de tasas forestales. PNUD-DNP. Santafé de Bogotá: DNP - PNUD, 1992.
- NACIONES UNIDAS - OFICINA CONTRA LA DROGA Y EL DELITO (Unodc). PROYECTO Simci II. Análisis multitemporal de cultivos de coca. Periodo 2003-2004. Bogotá, Colombia: 2005.
- _____. PROYECTO Simci II. Análisis multitemporal de cultivos de coca. Periodo 2005 - 2006. Colombia. 2007.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE MADERAS TROPICALES (OIMT). Reseña anual y evaluación de la situación mundial de las maderas 2000 a 2006. OIMT
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE MADERAS TROPICALES, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL y UNIVERSIDAD DEL TOLIMA. Cadenas forestales en Colombia. [En línea] Disponible en: <http://200.21.45.15>.
- ORJUELA, M., RANGEL, O., y GARZÓN, A. Usos de las plantas en el Chocó biogeográfico. En: Diversidad biótica IV, el Chocó biogeográfico / Costa Pacífica. Universidad Nacional. 2004.
- ORREGO, A., DEL VALLE I. y MORENO H. Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: contribuciones para la mitigación del cambio climático. Bogotá: Los autores, Colombia. 2003.
- PIZANO S.A. [En línea] Disponible en: <http://www.pizano.com.co/actividad%5Fforestal/>. Colombia. 2007
- PRIETO A., etal. La vegetación del Darién colombiano: Una aproximación histórica aplicada a la interpretación satelital y videográfica. En: Diversidad biótica IV, el Chocó biogeográfico/ Costa Pacífica. Universidad Nacional. 2004. Bogotá: Rangel, O.
- RANGEL, O. Diversidad biótica IV, El Chocó biogeográfico / Costa Pacífica. Universidad Nacional. 2004.
- SALDARRIAGA G. Recuperación de la Selva de Tierra firme en el alto río Negro Amazonia colombiana - venezolana. Estudios en la amazonia colombiana, Vol. V. Tropenbos. Colombia. 1994.
- SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA (SIAC). Primera generación de indicadores de la línea base de la información ambiental de Colombia. Tomo 2, Colombia 2002. Bogotá: SIAC, 2002. p. 564-569.
- SMITH, R. & SMITH, T. Ecología 4 ed. Madrid: Addison Wesley. 2001
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Sede Medellín. [En línea] Actualizada 2007. Disponible en: <http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/html/fichas%20tecnicas.html>.
- VEGA, L. E. Desarrollos de la investigación forestal en Colombia. Memorias Conferencia Internacional de Bosques. Santa Marta, Nov. 18-20, 2003, Santa Marta: ./. p. 211-218.
- WADSWORTH, F. H. Producción forestal para América tropical. ISBN 3-901347-28-3. Departamento de agricultura de los Estados Unidos, Washington: USDA, 2000. p 563.



ANEXO

	Página
ANEXO 5.1 CÁLCULO DE EMISIONES Y ABSORCIONES PARA EL MÓDULO DE USCUS	257
5.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES Y ABSORCIONES MÓDULO DE USCUS (LULUCF)	257
5.1.1 Proceso de cálculo de las emisiones de GEI	257
5.1.2 Resultados del cálculo de emisiones de GEI	257
ANEXO 5.2 EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS EN COLOMBIA	283
5.2.1 Sistema de áreas protegidas en Colombia	283
5.2.2 Categorías de manejo de las Áreas Protegidas del SINAP: Situación actual y propuesta de categorías	285
ANEXO 5.3 LA INDUSTRIA DEL SECTOR FORESTAL EN COLOMBIA	287
5.3.1 La madera en rollo industrial	287
5.3.2 La industria del aserrío	287
5.3.3 La industria de chapas y tableros de madera	288
5.3.4 La industria del mueble de madera	288
5.3.5 La industria de madera para construcción	289
CONTENIDO DE TABLAS: ANEXOS 5.1, 5.2 Y 5.3	
Tabla A5.1 Información de plantaciones comerciales, periodo 1999 a 2006	258
Tabla A5.2 Ajuste de áreas de plantaciones comerciales por especie y año, según su participación.	259
Tabla A5.3 Número de árboles por centro urbano	260
Tabla A5.4 Información para obtener el incremento medio anual de la biomasa	261
Tabla A5.5 Incremento total anual de la absorción de carbono por tierras forestales gestionadas	261
Tabla A5.6 Tala comercial de Colombia	262
Tabla A5.7 Relación de onversión/expansión de la biomasa ($t \cdot ms/m^3$)	263
Tabla A5.8 Total de la biomasa extraída durante la cosecha comercial	263
Tabla A5.9 Información relacionada con los años del inventario	265
Tabla A5.10 Superficie de las coberturas vegetales, años 1986 y 2001	266
Tabla A5.11 Conversión anual de coberturas boscosas (periodo, 1986-2001)	266
Tabla A5.12 Intervalos de mWCI y pesos	269



	Página
Tabla A5.13 Intervalos de precipitación y pesos	269
Tabla A5.14 Intervalos de altitud y pesos	270
Tabla A5.15 Intervalos de pendientes y pesos	270
Tabla A5.16 Intervalos de calidad del suelo y pesos	271
Tabla A5.17 Fracciones de biomasa quemada en el sitio	274
Tabla A5.18 Fracciones de biomasa removida fuera del bosque	274
Tabla A5.19 Fracciones de biomasa removida y quemada fuera del bosque	275
Tabla A5.20 Fracciones de biomasa abandonada en el bosque	276
Tabla A5.21 Relaciones de emisión de gases diferentes al CO ₂	276
Tabla A5.22 Relaciones de conversión de gases diferentes al CO ₂	277
Tabla A5.23 Emisiones de CH ₄ , CO, N ₂ O y óxidos de nitrógeno por quema <i>in situ</i> de bosques	277
Tabla A5.24 Consolidados de emisiones y absorciones del año 2000	281
Tabla A5.25 Consolidados de emisiones y absorciones del año 2004	281
Tabla A5.26 Transformación de las áreas protegidas del SNPNN. 2007	284
Tabla A5.27 Categorías de manejo de propuestas para las áreas protegidas del SINAP	286
Tabla A5.28 Participación del sector silvícola en el PIB sin ilícitos, a precios constantes de 1994 (millones de pesos)	290

CONTENIDO DE FIGURAS: ANEXOS 5.1, 5.2 Y 5.3.

Figura A5.1 Estructura conceptual para generar el mapa de densidad de biomasa potencial	267
Figura A5.2 Estructura para generar los mapas de densidad de biomasa potencial y densidad de biomasa real de los bosques	271
Figura A5.3 Fracciones de biomasa extraída	273
Figura A5.4 Proceso de conversión de bosques y fracciones de biomasa propuestas por región	273
Figura A5.5 Producción de madera aserrada en Colombia (miles de m ³)	287
Figura A5.6 Producción de tableros de madera en m ³ (2000-2004)	287
Figura A5.7 Producción de pulpa para elaboración de papel, años 2000 a 2006 (t)	288
Figura A5.8 Participación de la industria del mueble de madera en el comercio exterior de la cadena forestal	289
Figura A5.9 Usos de la madera aserrada en Colombia	289
Figura A5.10 Productos de madera. Crecimiento real de la producción (variación % anual)	289
Figura A5.11 Balanza comercial en el sector forestal en US\$, años 2000-2006	290

ANEXO 5.1 CÁLCULO DE EMISIONES Y ABSORCIONES PARA EL MÓDULO DE USCUS

5.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES Y ABSORCIONES MÓDULO DE USCUS (LULUCF¹)

La descripción general para el cálculo de las emisiones y absorciones del Módulo Lulucf se presenta en el documento principal del presente módulo. Tal como se mencionó, se utilizaron las directrices del IPCC y la Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, OBP-Lulucf (2005). Este último documento contiene orientaciones para estimar, evaluar, supervisar e informar sobre los cambios, las reservas de carbono y las emisiones de GEI de las actividades del Lulucf, asimismo, realiza la corrección de errores o deficiencias que hayan sido identificados en las directrices.

5.1.1 Proceso de cálculo de las emisiones de GEI

En esta sección se especifican los métodos de cálculo y los resultados obtenidos. La metodología se describe según el proceso aplicado en las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (1997), que sigue una secuencia por categorías y por pasos para el desarrollo de los procedimientos.

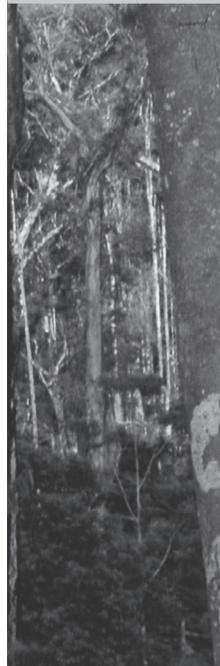
5.1.1.1 Categoría A. Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa

Esta actividad debe contabilizar los incrementos anuales de biomasa en plantaciones, en bosques aprovechados, el crecimiento de árboles en zonas urbanas y los incrementos de otras existencias de biomasa leñosa importantes. Por otro lado, también se deben estimar las principales salidas de biomasa, representadas en el uso como leña y en diferentes usos maderables como la cosecha comercial para actividades de construcción, muebles y otras.

- **Paso 1. Estimación del contenido total de carbono en el crecimiento anual de los bosques aprovechados y plantados.**

Este dato se obtiene del producto entre la superficie ocupada por tipo de bosque y la tasa de crecimiento anual para cada uno, teniendo en cuenta la fracción de carbono contenido en la materia seca (ms).

1 Por sus siglas en inglés: Land Use, Land-Use, Change and Forestry. En español: Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (Uscuss).



- **Superficie de bosques**

De acuerdo con las indicaciones del IPCC (1997 y 2005), los incrementos anuales de biomasa se deben determinar para aquellos bosques bajo algún tipo de gestión como producto de la ejecución de actividades antrópicas. En este sentido, el IPCC considera que se deberían relacionar las plantaciones, los bosques aprovechados y los árboles de zonas urbanas.

Para el caso de Colombia, actualmente sólo es viable considerar los incrementos de biomasa en plantaciones. Con respecto al crecimiento de árboles plantados en algunas zonas urbanas, la superficie correspondiente no es posible de estimar con exactitud, situación que condujo a la aplicación de tasas de crecimiento. Es necesario aclarar igualmente que el área que corresponde exclusivamente a los bosques sometidos en este momento a actividades de aprovechamiento comercial, pero que no resultan en una conversión o cambio de uso, no resultó aplicable, según la metodología. En similar sentido, no es posible, con la información disponible, establecer los niveles de fragmentación y las tasas de recuperación de tales bosques.

- **Plantaciones forestales**

Al revisar la documentación disponible, se encontraron inconvenientes que no permitieron utilizar la información consolidada respecto a la superficie establecida y existente de plantaciones forestales; tampoco se pudo llegar a discriminarla por especies para los años 2000 y 2004.

Para lograr una aproximación a esta información, se integraron datos reportados por varias fuentes como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), 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). Asimismo, se utilizó información del Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos generado por los institutos de investigación y el IGAC en el año 2007.

Con base en los reportes de dichas instituciones se construyó una base de información, con datos en algunos casos sobre la superficie establecida y, en otros, sobre las existencias del área plantada con especies comerciales desde el año 1999 a 2006; como se muestra en la Tabla A5.1.

Tabla A5.1 Información de plantaciones comerciales, periodo 1999 a 2006

Años:	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Área (ha)	145.759	161.281	164.000	168.059	175.196	189.713	200.703	209.284

Fuente: IDEAM, 2007, con base en fuentes como MADR, MAVDT, DNP, SITEP, IGAC e institutos de investigación.

Los detalles para cada año se discriminan de la siguiente forma:

- Año 1999: Se obtuvo del Plan Nacional de Desarrollo Forestal (MAVDT, 2000), que señala la superficie total reforestada en Colombia con fines industriales hasta septiembre de 1999. Los datos provienen de cifras consolidadas por el Sistema de Información Técnico Estadístico de Plantaciones Forestales Industriales (Sitep) en el año 1999. Los registros no incluyen áreas menores a 10 ha. Adicionalmente, es necesario tener en cuenta la posibilidad de no encontrar en pie la totalidad de las áreas reportadas, puesto que se desconoce la información del aprovechamiento, junto con los imprevistos o afectaciones ocurridas en las plantaciones.
- Año 2000: Los datos son el resultado de tomar como base la cifra del año 1999, más la suma de 15.522 ha establecidas en el año 2000; a partir de la información registrada en el documento Conpes 3130 sobre Evaluación del programa de oferta agropecuaria (Proagro) del año 2000 (DNP, 2001).
- Año 2001: Se tomó la cifra obtenida a partir de la capa temática de coberturas del mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos (IDEAM, IAVH e IGAC et al., 2007), que representa

información promedio del año 2001. Al contrastar dicha cifra con los datos de los años 2000 y 2002, se encontró suficiente coherencia para ser utilizada.

- Años 2002 a 2006: Se basa en los reportes de los avances reales del área sembrada en cultivos forestales comerciales, según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2007) y los reportes del Sistema de gestión y seguimiento a las metas del gobierno (Sigob).

La anterior información relaciona las cifras consolidadas por año, no obstante, para el ingreso de los datos en el proceso de cálculo del inventario de GEI se tomó la recomendación relacionada con incluir la información sobre la existencia de plantaciones, discriminando su entrada según las principales especies comerciales utilizadas en el país, con el fin de aplicar tasas de crecimiento específicas que proporcionen mayor certidumbre a los cálculos. Por consiguiente, fue necesario incorporar la información presentada por el DANE (2006), del documento Marco de lista de las plantaciones forestales comerciales a nivel nacional, el cual relaciona el área sembrada por especie hasta el año 2005, con 154.344 ha estimadas a partir de los resultados de las encuestas realizadas en 23 departamentos del país.

Es preciso mencionar que la información presentada por el DANE sobre el total del área sembrada hasta el año 2005 es menor que la cifra anotada como plantada por el MADR para el mismo año. Se colige entre otras, como posibles causas, que la diferencia puede estar relacionada con la no inclusión de algunas zonas del país en las encuestas del DANE, como lo menciona esta entidad. Otro origen de la discrepancia en las cifras puede estar relacionado con los procesos metodológicos aplicados por cada fuente para obtener la información.

Por tal razón fue necesario realizar un ajuste para utilizar la cifra total nacional asumida para el año 2000, frente a la indicada por el MADR para el año 2004, con el fin de involucrar la información por especies tomada del estudio del DANE. Este ajuste consistió en estimar la participación porcentual de las principales especies utilizadas para reforestar a partir de la información del DANE (2006). Posteriormente, con el porcentaje de participación de las principales especies se realizó una aproximación a las posibles áreas plantadas por especie durante los años del inventario (2000 y 2004), proceso del cual se obtienen los resultados mostrados en la Tabla A5.2.

Tabla A5.2 Ajuste de áreas de plantaciones comerciales por especie y año, según su participación

Especie	Participación %	Área (kha) 2000	Área (kha) 2004
Cedrela odorata	0,80	1,29	1,52
Cupressus lusitanica	2,56	4,12	4,85
Eucalyptus globulus	1,00	1,61	1,89
Eucalyptus grandis	14,92	24,06	28,30
Eucalyptus tereticornis	1,51	2,44	2,87
Gmelina arborea	5,35	8,64	10,16
Pinus oocarpa	3,72	5,99	7,05
Pinus patula	26,87	43,33	50,97
Quercus humboldtii	1,93	3,12	3,67
Tabebuia rosea	4,54	7,32	8,61
Tectona grandis	6,20	9,99	11,75
Otras especies	30,62	49,38	58,09
Total	100,00	161,28	189,71

Fuente: IDEAM, 2007, con base en la información reportada por el DANE (2006);
kha: kilohectáreas (1.000 ha)

De acuerdo con la Tabla A5.2, los mayores porcentajes de participación lo tienen las especies: Pinus patula (26,9%) y Eucalyptus grandis (14,9%), especies utilizadas para reforestación comercial en el país seguidas de Tectona grandis (6,2%), Gmelina arborea (5,3%) y Tabebuia rosea (4,5%). La agregación en otras especies, incluye más de 20 de ellas, destacándose: Ceiba pentandra, Pinus tecunumanii, Juglans neotropica, Alnus jorullensis, Anacardium excelsum, Pochota quinata, Cordia alliodora y Swetenia macrophylla.

Además, fue posible integrar la información consolidada sobre el establecimiento de plantaciones protectoras en el país, utilizando las cifras reportadas por el MAVDT (2003) sobre el área de plantaciones establecida en los años 2000 y 2003, como parte de la ejecución del Subprograma de Manejo de

Recursos Naturales, Componente Manejo de Microcuencas incluido en el Plan Verde. 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. No fue posible discriminar la información de plantaciones protectoras por especie.

- **Árboles de zonas urbanas**

En el cálculo se emplearon los datos de los censos del arbolado urbano de cuatro ciudades que contaban con la información a la fecha del inventario, así: Bogotá, Jardín Botánico de Bogotá (JBB); Medellín, Área Metropolitana de Medellín (AMVA); Santa Marta, Departamento Administrativo Distrital del Medio Ambiente (DADMA) y Valledupar, Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpocesar). Estos datos se emplearon únicamente para el año 2004, puesto que los reportes de los censos son más cercanos a este año, además de asumir que la masa forestal fue establecida antes del año referido y que no presenta cambios significativos por mortalidad o tala. Véase la Tabla A5.3.

Tabla A5.3 Número de árboles por centro urbano

Árboles en zonas no boscosas	Número (k) de árboles	Tasa de crecimiento anual	Incremento anual de la biomasa	Fración de carbono de la materia seca	Incremento total de la absorción de carbono
		(kt·ms/1000 árboles)	(kt·ms)	(ms)	(kt C)
Centro urbano 1. Bogotá D.C.	1.114,70	0,0116	12,93	0,4475	5,79
Centro urbano 2. Medellín	428,83	0,0116	4,97	0,4475	2,23
Centro urbano 3. Santa Marta	1,52	0,0116	0,02	0,4475	0,01
Centro urbano 4. Valledupar	2,00	0,0116	0,02	0,4475	0,01
Total	1.547,05				8,03

Fuente: IDEAM, 2008, con base en información del JBB, AMVA, DADMA y Corpocesar

- **Tasa de crecimiento anual**

En este aparte se relacionan las tasas de crecimiento anual de los tipos de bosque evaluados en la categoría de cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa, es decir, para las plantaciones forestales y árboles de zonas urbanas, especificando, en la medida de lo posible, los incrementos medios anuales por especie reportada.

- **Plantaciones forestales**

Los incrementos medios anuales para las especies discriminadas fueron obtenidos de varias fuentes. En un primer paso se recopiló la documentación donde la mayoría corresponde a información derivada de estudios nacionales. Posteriormente, como los datos de los incrementos estaban presentados en volumen por hectárea en el año (m³ o ha⁻¹ o año⁻¹), fue necesario procesarla para expresarla en unidades de biomasa o toneladas de materia seca por hectárea por año (t o ms o ha⁻¹ o año⁻¹). Lo anterior para ajustarse a las directrices de trabajo del IPCC (1997).

Para convertir las unidades de volumen a biomasa se utilizaron los datos de las densidades básicas de la madera para las diferentes especies reportadas, incluyendo los factores de expansión de la biomasa. Este resultado es el producto de los siguientes datos: incremento medio anual en volumen, la densidad básica de la madera de cada especie y factores de expansión de biomasa aplicados.

Para los factores de expansión de la biomasa se aplicaron los datos por omisión establecidos en la Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, OBP - Lulucf (2005), que sugieren un valor promedio de 1,5 para especies latifoliadas y de 1,2 para especies coníferas. Para el incremento medio anual de aquellas especies agrupadas en la categoría denominada Otras especies, se aplicó el valor por omisión de 6,8 t o ms o ha⁻¹ o año⁻¹; tomado del IPCC (1997) para especies duras de lento crecimiento. Igualmente, para las tasas de crecimiento en plantaciones protectoras, dada la dificultad de discriminar la información por especies, se aplicó el valor por omisión de 6,8 t o ms o ha⁻¹ o año⁻¹. En la Tabla A5.4, se presentan los resultados y la información utilizada, con sus fuentes, para obtener el incremento medio anual en biomasa de las principales especies comerciales utilizadas en el país.

Tabla A5.4 Información para obtener el incremento medio anual de la biomasa

Especie	Incrementos en volumen (m ³ ·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)	Densidad básica (g/cm ³)	Incrementos en biomasa (t·ms·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)	Fuente incrementos	Fuente densidad básica
Cedrela odorata	22,5	0,38	12,83	MADR, 2007.	OIMT, MAVDT, UT.
Cupressus lusitanica	18	0,4	8,64	Conif, 1995	---
Eucalyptus globulus	25	0,55	20,63	Conif, 1995	Escobar, O. y Rodríguez J., 1993.
Eucalyptus grandis	32,5	0,44	21,45	Conif, 1995	FBDS-C&T, 2002
Eucalyptus tereticornis	18,50	0,53	14,71	Conif, 1995	FBDS-C&T, 2002
Gmelina arborea	15	0,4	9,00	Plizano, 2007.	OIMT, MAVDT, UT.
Pinus oocarpa	15	0,55	9,90	Finagro, 2003.	IPCC (2005)
Pinus patula	19,5	0,43	10,06	Conif, 1995.	Escobar, O. y Rodríguez J., 1993.
Quercus humboldtii	0,93	0,63	0,88	Agudelo, J. <i>et al.</i>	Herrera, J. <i>et al.</i> , 2004 – UNAL
Tabebuia rosea	17,05	0,54	13,81	Conif, 1995.	OIMT, MAVDT, UT y Escobar O. y Rodríguez, J., 1993.
Tectona grandis	8,5	0,56	7,14	MADR, 2007.	OIMT, MAVDT, UT.
Otras especies			6,8	Dato tomado del IPCC (1997).	

Fuente: IDEAM, 2008, con base en las fuentes citadas en la tabla

- **Árboles de zonas urbanas**

Se emplea la tasa de 0,016 kilotoneladas de materia seca (kt o ms) por cada mil árboles, que es el resultado de promediar los incrementos anuales de la biomasa para los tipos de bosque tropical que maneja el IPCC (1997), en su Libro de trabajo.

- **Fracción de carbono de la materia seca**

Esta fracción se aplica para estimar la proporción de carbono contenido en la biomasa (materia seca). Para este caso se utilizó el valor de 44,75 % reportado por Orrego et al. (2003), en el capítulo denominado Existencias y tasas de crecimiento neto de la biomasa y del carbono en bosques primarios intervenidos y secundarios. Para determinar el porcentaje de carbono en la biomasa se tomaron diferentes muestras de las especies más abundantes de los bosques del área de la cuenca media del Río Porce (Central Hidroeléctrica Porce II, en Antioquia), con el fin de analizar las muestras en la Universidad Internacional de la Florida, a través del uso de un instrumento de combustión en seco.

- **Resultado del incremento total de la absorción de carbono**

El resultado final del incremento anual de la absorción de carbono para los años 2000 y 2004 se presenta en la Tabla A5.5. Este incremento se calculó para la categoría de tierras forestales gestionadas, que incluyó las plantaciones comerciales y protectoras; en el caso del inventario del año 2004, se adicionaron las estimaciones de la absorción de carbono por árboles de zonas urbanas.

Tabla A5.5 Incremento total anual de la absorción de carbono por tierras forestales gestionadas

Subcategoría del uso de la tierra	Incremento total de la absorción de carbono. Año 2000 (kt C)	Incremento total de la absorción de carbono. Año 2004 (kt C)
Plantaciones comerciales		
Cedrela odorata	7,39	8,70
Cupressus lusitanica	15,95	18,76
Eucalyptus globulus	14,82	17,43
Eucalyptus grandis	230,96	271,67
Eucalyptus tereticornis	16,04	18,87
Gmelina arborea	34,78	40,91
Pinus oocarpa	26,55	31,23
Pinus patula	195,10	229,49
Quercus humboldtii	1,23	1,44
Tabebuia rosea	45,21	53,18
Tectona grandis	31,93	37,55
Otras	150,28	176,77
Subtotal	770,22	906,00
Plantaciones protectoras	80,21	213,67
Árboles de zonas urbanas	Dato no disponible	8,03
TOTAL	850,43	1.127,71

Fuente: IDEAM, 2007



Para el año 2000 se encontró un incremento de 850,43 kilotoneladas de carbono (kt C), de las cuales, 90,57% corresponde al incremento de carbono por el establecimiento de plantaciones comerciales y 9,43% por plantaciones protectoras. No se registró el incremento de carbono por árboles en zonas urbanas por no disponer de información específica para este año.

El cálculo para el año 2004 arrojó un incremento total de absorción de carbono de 1.127,22 kt C, de los cuales 80,34% es el beneficio de las plantaciones comerciales, 18,95% de las plantaciones protectoras y 0,71% corresponde a la contribución de los árboles de zonas urbanas. El incremento en la absorción de carbono entre los años 2000 y 2004 alcanzó 32,6%.

• Paso 2. Estimación de la cantidad de biomasa cosechada

La cantidad de biomasa cosechada considera la cosecha comercial y el consumo de leña para cada uno de los años del inventario.

• Cosecha Comercial

Para la estimación de la cosecha se manejan dos categorías: a) Bosque natural y b) Bosque plantado.

Inicialmente, la determinación de la cosecha comercial de Colombia se definió a partir de la información de aprovechamiento forestal reportada por las Autoridades Ambientales Regionales del país al Sistema Nacional de Información Forestal (SNIF) del IDEAM. Sin embargo, del análisis del volumen consolidado aprovechado para Colombia en los años 2000 (1.775.991 m³) y 2004 (1.303.758 m³), se observa que estos valores son bajos y no son representativos de la cosecha comercial del país, si se comparan con los datos de producción de madera rolliza presentados en la Reseña Anual y la Evaluación Situación Mundial de las Maderas en los dos años de análisis para el país (OIMT, 2006).

De otro lado, y tomando en consideración el crecimiento de sectores económicos demandantes de madera, como la construcción, que han crecido en el mismo periodo, se puede colegir que estos valores son más altos. En consecuencia, se optó por utilizar las cifras publicadas en la Reseña Anual y Evaluación de la Situación Mundial de las Maderas publicada por la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT, 2001 y 2005), publicación en la cual el IDEAM contribuye con el Informe Anual del Cuestionario Conjunto del Sector Forestal OIMT-FAO-CEPE/ONU y Eurostat. Véase la Tabla A5.6, referente a la tala comercial de Colombia.

Tabla A5.6 Tala Comercial de Colombia

Tala comercial de Colombia (m ³)		
	2000	2004
Bosque plantado	519.360	496.320
Bosque natural	1.644.640	1.571.680
Total	2.164.000	2.068.000
Asumiendo un 50% de ilegalidad	1.082.000	1.034.000
Bosque plantado	779.040	744.480
Bosque natural	2.466.960	2.357.520
Total	3.246.000	3.102.000

Fuente: IDEAM, 2007, con base en OIMT, 2006.

Los datos obtenidos involucran un 50% de aprovechamiento ilegal, que se obtuvo a través de la consulta de expertos de la mesa técnica de trabajo del módulo y de otras instituciones consultadas.

Con respecto a la variación de la cosecha comercial entre los años 1990 y 1994 y de acuerdo con el inventario de GEI para estos años, contra el presente inventario de GEI, se encuentra que la cosecha comercial se redujo en 41,8% en el lapso del año 1994 al año 2000. Asimismo, aunque menos significativa, se presentó una reducción de 4,44% en la cosecha comercial del país entre los años 2000 y 2004.

En conclusión, las cifras de cosecha comercial para los años 2000 (3.246.000 m³) y 2004 (3.102.000 m³) corresponden en términos de biomasa a 2.433,33 kt o ms y 2.325,38 kt o ms, respectivamente.

- **Relación de conversión/expansión de la biomasa**

Para las plantaciones (0,663) como para el bosque natural (0,777) se utilizaron sendos factores, producto de la densidad básica promedio por el factor de expansión, tomados a partir de los estudios consultados, según las fuentes que se presentan en la Tabla A5.7.

Tabla A5.7 Relación de conversión/expansión de la biomasa (t • ms/m³)

Tipo de bosque	Biomasa (t • ms/m ³)	Densidad básica	Factor de expansión y fuente
Bosque plantado	0,663	0,51	1,30; Brown (1997)
Bosque natural	0,777	0,58	1,38 ; Anzola y Rodríguez (2001)

Fuente: IDEAM, 2007.

- **Total de la biomasa extraída durante la cosecha comercial**

El total de la biomasa extraída durante la cosecha comercial es el resultado del producto entre la cosecha comercial anual y la relación entre conversión/expansión de la biomasa. En la Tabla A5.8, se presenta el total de biomasa extraída durante la cosecha comercial.

Tabla A5.8 Total de la biomasa extraída durante la cosecha comercial

Total de la biomasa extraída durante la cosecha comercial (kt • ms)		
Categoría de la cosecha	2000	2004
Bosque plantado	516,50	493,59
Bosque natural	1.916,83	1.831,59
Total	2.433,33	2.325,18

Fuente: IDEAM, 2007.

Por consiguiente, el total de la biomasa extraída en la cosecha comercial del año 2000 para plantaciones fue de 516,50 kt • ms mientras que para bosque natural fue de 1.916,83 kt • ms. Para el año 2004 en plantaciones fue de 493,59 kt o ms, mientras que para bosque natural fue de 1.831,59 kt•ms.

- **Consumo total de leña**

Las cifras sobre el consumo total de leña se estimaron con base en el Balance Energético Nacional que genera la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, y señalan que en el 2000 el consumo de leña fue de 7.582 kt • ms, mientras para el 2004 alcanzó 5.700 kt • ms.

Con dichas bases, el consumo total de biomasa por cambios en los contenidos alcanzó 10.015,33 kt o ms para el año 2000 y 8.025,38 kt • ms para el año 2004. No obstante, al deducir la cantidad de biomasa usada como leña que se presume proveniente de la conversión de bosques², el consumo total de biomasa se reduce de 5.808,63 kt o ms para el año 2000 a 3.818,68 kt • ms para el año 2004.

- **Paso 3. Conversión de la madera cosechada a carbono liberado**

Con base en los valores reportados en el Paso 2 y teniendo en cuenta la fracción de carbono (0,4475), las cantidades de carbono liberado corresponden a 2.599,36 kt C en el año 2000 y a 1.708,86 kt C para el año 2004.

- **Paso 4. Estimación de la cantidad neta anual de carbono absorbido o emitido**

Este dato se obtiene de la diferencia entre la liberación anual de carbono (resultado del Paso 3) y la absorción anual de carbono (resultado del incremento total de la absorción de carbono, Paso 1); el valor obtenido posteriormente se convierte en términos de liberación o absorción anual de CO₂.

² Esta cifra y el procedimiento resultan de aplicar el proceso metodológico propuesto por el IPCC (1997).



Por consiguiente, para el año 2000 se produce una liberación neta de carbono de 1.748,94 Kt C que corresponde a una liberación de 6.412,76 gigagramos (Gg) de CO₂, resultando así en el año 2004 una liberación neta de carbono de 581,15 kt C, que corresponde a una emisión de 2.130,90 Gg de CO₂.

5.1.1.2 Categoría B. Conversión de bosques y praderas

De acuerdo con el IPCC (1997), las emisiones se producen principalmente por combustión de la biomasa producto del cambio de uso, generalmente de bosques y praderas a tierras de cultivo o pastos permanentes. Adicionalmente, durante la conversión se generan desperdicios que son abandonados en el lugar para su descomposición durante varios años. En este caso se requiere conocer la cantidad de biomasa que permanece en el sitio para su descomposición y la cantidad total de biomasa que se quema durante el año del inventario. Para este último dato, es necesario discriminar 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 CO₂. Además, se requiere establecer la cantidad de la biomasa que se quema en el sitio y que realmente se oxida y la cantidad que permanece como carbón vegetal para su descomposición durante más de cien años.

Como producto final se obtienen las emisiones inmediatas de CO₂ que ocurren en el año del inventario por quema de la biomasa, y las emisiones diferidas de CO₂ que ocurren por un período de diez años durante la descomposición de la biomasa.

- **Paso 1. Estimación de la biomasa talada**

La estimación de biomasa talada se obtiene de la relación entre la superficie de bosque convertida anualmente y la biomasa presente antes y después de la conversión.

- **Superficie de bosques convertida anualmente**

Sobre esta variable se han realizado varias aproximaciones, tal como se establece en el informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia, publicado por IDEAM, et al. (2004). En este documento se resumen las cifras presentadas por diferentes fuentes desde el año 1974 en relación con los datos sobre tasas de deforestación reportadas en el país. Según los autores, se reconoce que los datos reportados varían entre sí, en parte por la metodología utilizada para obtenerlos. De esta manera, se encuentra que la disminución en términos generales en las cifras a través de los años se considera como producto del refinamiento en las técnicas de estimación, que se relacionan además con los conceptos empleados en su definición.

Por consiguiente, en este documento se realizan estimaciones recientes sobre los cambios multitemporales de las coberturas vegetales, señalando una pérdida de 77 mil ha/año en la cobertura de bosques durante el periodo comprendido entre 1986 y 1994, y de 101 mil ha/año para el periodo entre 1994 y 2001.

De otra parte, uno de los trabajos más recientes que se han realizado sobre el tema es la investigación desarrollada por Conservación Internacional (CI), a través del Mapa de bosques y deforestación de los Andes tropicales (2006), que estimó los cambios en la cobertura de bosque de los países de los Andes tropicales (incluido Colombia), durante el periodo 1990 a 2000. Una presentación preliminar de los resultados de este trabajo permitió establecer que el cambio promedio anual en la cobertura de bosque para Colombia fue de 144 mil hectáreas/año.

En razón a la existencia de diferentes aproximaciones sobre la superficie de bosques convertida al año, se evaluó la información disponible actualmente en el país sobre coberturas y usos de la tierra, con el fin de utilizar la más apropiada para estimar los datos de conversión de bosques para los años 2000 y 2004; esta información se resume en la Tabla A5.9.

Tabla A5.9 Información relacionada con los años del inventario

Institución	Título	Años	Escalas	Unidad de análisis
IDEAM	Mapas de coberturas vegetales, uso y ocupación del territorio	1986 1996 2001	1: 500.000	Coberturas vegetales y uso
IAVH	Mapa de ecosistemas de los andes colombianos	2000	1: 1.000.000 1: 250.000	Ecosistemas
IGAC	Mapa de uso actual de las tierras en Colombia (formato análogo) Mapa de cobertura y uso actual de las tierras en Colombia	1987 2001	1: 500.000	Coberturas y uso
Iniciativas nacionales (en proceso)	Mapa de bosques y deforestación de los andes tropicales (CI)	1990-2000	1: 25.000	Coberturas generales
	Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos (institutos de investigación e IGAC)	2000	1: 500.000	Ecosistemas y coberturas
	Mapa de coberturas de la tierra (IDEAM, cormagdalena e IGAC)	2000	1: 250.000	Coberturas

Fuente: Los autores, 2007

Como resultado de esta evaluación, se consideró que la opción más apropiada para representar los cambios en la superficie de bosques es el uso de la información generada a partir de los mapas de coberturas vegetales, uso y ocupación del territorio, elaborados por el IDEAM. Las razones para tomar esta información se basa en que los mapas del IDEAM representan la superficie total del país, generan información histórica comparable y necesaria para establecer cambios de las coberturas en dos años y permiten, además, diferenciar algunos tipos de bosque. Además, uno de los años reportados se aproxima al 2000, año de evaluación del inventario, y que en efecto es la información que estuvo disponible.

Sin embargo, se puntualiza que ninguno de los productos generados en el país ofrece información actualizada hasta el año 2004, siendo necesario utilizar la información generada para el año 2000 y aplicarla también en el año 2004, es decir, se consideró la misma cifra sobre la superficie de bosques convertida anualmente para los dos años.

Los mapas de Coberturas vegetales, uso y ocupación del territorio, fueron elaborados siguiendo el proceso metodológico que se describe en la memoria técnica del mapa (IDEAM, 1996), que utilizó como insumo la interpretación de imágenes de satélite de los años 80, 90 y 2000 a 2003. Según el IDEAM et al. (2004), en estos mapas se representan 38 unidades de cobertura (uso y ocupación), al igual que los datos sobre las superficies de cada una de las coberturas en los años 1986 y 2001. Véase la Tabla A5.10.

Al comparar las cifras de los años 1986 y 2001, se detectaron coberturas de bosque que presentaron pérdidas en área durante ese periodo, lográndose establecer las pérdidas anuales por cobertura, con una pérdida total promedio anual estimada en alrededor de 118 mil hectáreas. Véase la Tabla A5.11.

Se concluye que la cobertura que presentó mayor presión antrópica por cambio de uso fue el bosque andino, correspondiente al 47,24% de la superficie total convertida anualmente. La segunda cobertura con mayor afectación fue el bosque basal amazónico con un 42,33% del total convertido al año; entre estas dos coberturas se concentra un total de 89,57% de la pérdida anual de bosques.

- **Biomasa antes de la conversión**

La información de este ítem se relaciona con la estimación realizada para los diferentes tipos de bosque evaluados y la densidad de biomasa promedio sobre el suelo. Para estimar esta variable se realizó la reconstrucción y actualización del proceso metodológico desarrollado por Iverson et al. (1994)³ para el sur y sureste de Asia; adaptado por Alarcón y Cardona (2001), primero para la región de la Serranía de San Lucas y luego para su aplicación a escala nacional en la estimación del Módulo Lulucf (Uscuss), del inventario de GEI para los años 1990 y 1994.

Se conoce del desarrollo de metodologías con mayor precisión para modelar el crecimiento de los bosques, principalmente plantados y aplicadas por empresas reforestadoras para monitorear sus plantaciones en el país. Sin embargo, estas metodologías requieren el uso de variables de difícil consecución y aplicación para el seguimiento de los bosques naturales a escala nacional en las actuales circunstancias además de estar diseñadas para ser aplicadas precisamente en plantaciones forestales.

3 Esta metodología también fue utilizada por el IPCC (1997), para estimar algunos de los valores promedio de biomasa sobre el suelo en bosques tropicales.



Tabla A5.10 Superficie de las coberturas vegetales, años 1986 y 2001

Cobertura	Símbolo	área 1986 (kha)	Área 2001 (kha)
Agroecosistema andino	AA	14.458	15.202
Agroecosistema andino interandino	AAi	3.553	3.421
Agroecosistema basal	AB	10.271	10.610
Asentamiento humano capital	Ahc	63	93
Asentamiento humano municipal	Ahm	29	51
Bosque andino	BA	9.515	8.678
Bosque andino fragmentado	BAf	2.892	3.138
Bosque andino plantado	BApl	82	142
Bosque basal amazónico	BBam	33.097	32.347
Bosque basal Caribe	BBc	7	34
Bosque basal fragmentado	BBf	7.305	7.890
Bosque basal Orinoco	BBo	21	34
Bosque basal Pacífico	BBp	4.550	4.371
Bosque basal plantado	BBpl	26	128
Bosque ripario	Br	3.908	3.922
Especial pantano andino	EPa	5	5
Especial pantano amazónico	EPam	161	158
Especial pantano caribe	EPc	2.309	2.397
Especial rupícola amazónico	ERam	901	903
Especial rupícola caribe	ERc	268	263
Hídrico andino embalse	HAe	26	26
Hídrico andino laguna	HAla	2	17
Hídrico basal ciénaga	HBc	451	382
Hídrico basal embalse	HBe	16	16
Hídrico basal laguna	HBlá	5	5
Insular Atlántico	Ia	2	2
Manglar caribe	Mc	59	56
Manglar pacífico	Mp	228	235
Nieve	N	54	29
Páramo	P	1.725	1.627
Sabana arbolada	Sa	1.394	1.404
Sabana arbustiva	Sar	9.734	9.747
Sabana herbácea	Sh	4.815	4.826
Sin cobertura natural	SCna	53	50
Sin cobertura antrópica	SCan	4	6
Sammofitia	Sm	102	104
Xerofitia andina	XA	788	616
Xerofitia basal	XB	1.065	1.063
No definido		40	1
Total general		114.000	114.000

Fuente: IDEAM, et al., 2004

Tabla A5.11 Conversión anual de coberturas boscosas (periodo 1986-2001)

Cobertura de bosque	Superficie convertida anualmente (Kha)
Bosque andino (BA)	55,80
Bosque basal amazónico (BBam)	50,0
Bosque basal pacífico (BBp)	11,93
Especial pantano amazónico (EPam)	0,2
Manglar caribe (Mc)	0,2
Total	118,13

Fuente: Estimado a partir de IDEAM, et al., 2004

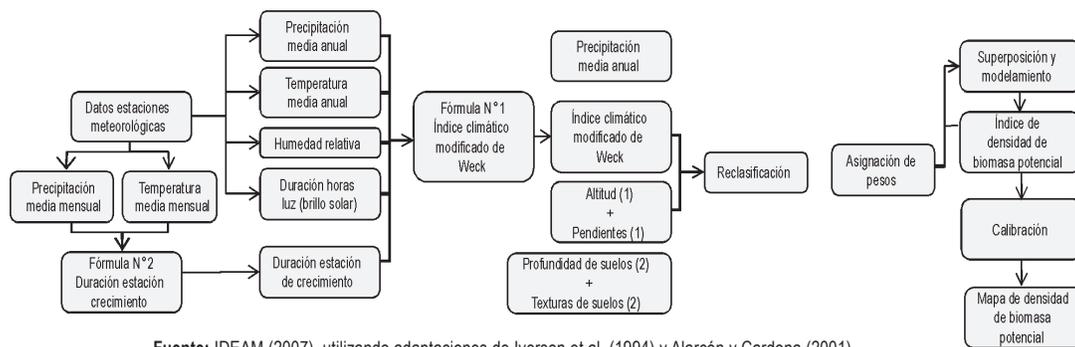
En este sentido, el ejercicio desarrollado por Iversen et al. (1994), proporciona cierto grado de facilidad para la estimación a escalas generales de la biomasa y densidad de la misma presente en los bosques naturales del país, a través del apoyo de un sistema de información geográfico (SIG) que incorpora variables biofísicas y climáticas. Por esta razón, se encontró procedente la aplicación de este proceso metodológico, como una opción para realizar estimaciones indirectas a escala nacional sobre las densidades promedio de biomasa por unidades de cobertura boscosa para el presente inventario.

Durante la etapa de reconstrucción y actualización de los procesos metodológicos del ejercicio original se incorporaron aquellas consideraciones válidas para el país, producto del ajuste de la metodología realizado por Alarcón y Cardona (2001), y por el ejercicio adelantado en el desarrollo de este trabajo. De esta manera, uno de los principales fundamentos, según Iversen et al. (1994), es la hipótesis de que la actual distribución de la densidad de biomasa de los bosques se basa en la cantidad potencial

que puede soportar un paisaje bajo condiciones predominantes de clima, suelos y topografía así como el impacto acumulado de actividades humanas en los bosques, tales como: el aclareo, los aprovechamientos, la recolección de leña y la degradación, entre otras.

Los procesos metodológicos ajustados se presentan en la Figura A5.1, la cual sintetiza las etapas para estimar la densidad promedio de biomasa sobre el suelo para las principales coberturas de bosque del país. En términos generales, se desarrollaron dos etapas esenciales: la primera, es la generación del mapa de densidad de biomasa potencial, entendida como la densidad de biomasa que se esperaría encontrar en ausencia de intervención humana o de disturbios naturales; la segunda, es el desarrollo del mapa de densidad de biomasa real de los bosques existentes al año referenciado, el cual incorpora información sobre inventarios forestales y mapas de vegetación actual.

Figura A5.1 Estructura conceptual para generar el mapa de densidad de biomasa potencial



Fuente: IDEAM (2007), utilizando adaptaciones de Iverson et al. (1994) y Alarcón y Cardona (2001)

Notas:

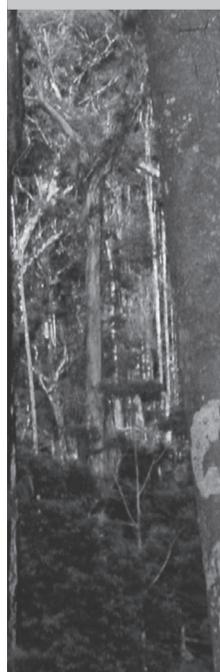
- 1 Esta variable se generó con el Modelo Digital de Elevación (DEM) a 90 m de resolución espacial (SRBM: Shuttle radar topographic mission).
- 2 Esta variable se obtuvo a partir del Mapa de suelos del año 2003, a escala 1: 500.000 generado por el IGAC.
- * Las demás variables relacionadas tienen como fuente al IDEAM.

A. Mapa de densidad de biomasa potencial

Se modelaron variables climáticas y biofísicas consideradas de mayor influencia en la producción de biomasa, tales como la precipitación media anual, la altitud, la pendiente, la textura y profundidad de los suelos y el resultado de un índice climático modificado. A estas variables se les asignaron pesos según el grado de influencia, con un máximo peso de 100 puntos, distribuidos con base en Iverson et al. (1994), Alarcón y Cardona (2001) y reportes de literatura. Mediante superposición de las variables se obtuvo el mapa de índice potencial de biomasa, que fue calibrado con datos de inventarios forestales para generar el mapa de densidad de biomasa potencial. Para explicar el método utilizado se involucran dos expresiones o fórmulas que aparecen en la Figura 5.4 como fórmulas 1 y 2 en donde la fórmula 2, relacionada con la duración de la estación de crecimiento (G) está incluida en la fórmula 1 (índice climático modificado de Weck -mWCI-).

1) *Índice climático modificado de Weck.* De acuerdo con Iverson, L., et al. (1994), Weck desarrolló en 1961 una fórmula empírica basada en datos climáticos con el fin de evaluar la productividad potencial de parcelas de bosque en varias regiones de Alemania Occidental y que, posteriormente, extendió a los trópicos. Aquellos autores asumieron que podían utilizar el índice de Weck como un índice climático para la densidad de biomasa potencial, puesto que evidenciaron que en bosques maduros tropicales, la tasa de producción de biomasa por unidad de área fue constante para todas las zonas de vida o tipos de clima, demostrando que la biomasa en pie es el resultado de la integración de la producción neta sobre el tiempo para alcanzar la madurez.

Sin embargo, estos autores realizaron algunas modificaciones a la fórmula original, debido a que encontraron ciertos problemas. En este sentido la ecuación final denominada índice climático modificado de Weck fue:



$$mWCI = \frac{S(P1 + \sqrt{P2})(G)(H)}{100(Tm)} \quad (\text{Fórmula 1})$$

Donde:

S (horas) = Duración promedio de un día luz durante la estación de crecimiento.

P1 (dm) = Promedio anual de precipitación hasta 20 decímetros⁴ (dm).

P2 (dm) = Promedio anual de precipitación que excede los 20 dm.

G (meses) = Duración de la estación de crecimiento.

H = Promedio anual de la humedad relativa del aire.

Tm (°C) = Temperatura promedio anual del mes más cálido de la estación de crecimiento.

La fórmula 1 considera los siguientes supuestos:

- La producción neta de materia orgánica es mayor si la duración del día luz es mayor.
- La relación entre la cantidad de precipitación y la producción neta de los bosques no tiene un comportamiento lineal; un continuo incremento en la precipitación sobre los 2000 mm/año presentará un pequeño incremento sucesivo en la producción neta.
- La producción neta es directamente proporcional a la duración del periodo de crecimiento. Los meses dentro de la estación de crecimiento deben estar libres de heladas y tener temperatura promedio mínima de 10°C. Un mes se considera como período de crecimiento si se cumple:

$$G = \frac{12P}{(T + 10)} > 20 \quad (\text{Fórmula 2})$$

Donde:

P = Precipitación mensual total (mm).

T = Temperatura promedio mensual (°C).

Sin embargo, se debe tener en cuenta el efecto retardado de la acumulación de la humedad del suelo; de esta manera, se considera que un mes también es propicio para el periodo de crecimiento, si $G > 20$, en donde el mes previo se consideró como un periodo de crecimiento (>20) y la precipitación mensual está por encima de 200 mm.

- La producción neta está linealmente relacionada con la humedad promedio del aire.
- El efecto de la precipitación sobre la producción neta es menor si la temperatura de la estación de crecimiento se incrementa.

Para la aplicación de este índice se usó la información climática de la red nacional de estaciones meteorológicas de IDEAM⁵, en particular con las variables: precipitación total promedio mensual y anual, temperatura promedio mensual y anual, humedad relativa promedio anual y brillo solar (horas de sol al día) promedio anual. Con los resultados de la ecuación se generó una cobertura de puntos del índice que fue interpolada para generar una cobertura temática continua para la superficie del país, utilizando el método que realiza una ponderación según el inverso de la distancia (IDW⁶).

El mapa obtenido produjo valores desde 0,43 a 91,82, el cual fue reclasificado en trece clases no lineales, como se muestra en la Tabla A5.12, incluyendo un mayor número de clases para los valores cercanos al límite inferior, en donde según Iverson et al. (1994), la vegetación es más sensible al índice por su cercanía al extremo seco.

⁴ Veinte decímetros de precipitación equivalen a 2.000 milímetros de precipitación.

⁵ Información suministrada por la Subdirección de Meteorología del IDEAM

⁶ Según las siglas en inglés: Inverse distance weight.

Tabla A5.12 Intervalos de mWCI y pesos

Clase	Intervalo	Peso
1	0 – 3,0	1
2	3,1 – 6,0	3
3	6,1 – 9,0	5
4	9,1 – 12,0	7
5	12,1 – 15,0	9
6	15,1 – 20,0	11
7	20,1 – 25,0	13
8	25,1 – 30,0	15
9	30,1 – 35,0	17
10	35,1 – 40,0	19
11	40,1 – 50,0	21
12	50,1 – 60,0	23
13	> 60,1	25

Fuente: IDEAM, 2007

2) *Precipitación media anual.* Según los autores que trabajaron la adaptación de la fórmula de Weck, esta variable incluida en el mWCI se considera nuevamente para enfatizar su relación con la densidad de biomasa. En este caso, también se tomaron los datos de las estaciones meteorológicas del país para generar una cobertura de puntos que fue interpolada, utilizando el método IDW.

El mapa generado, con valores entre 134 mm y 13.327 mm, fue reclasificado en trece clases; los rangos establecidos obedecen a la estructura original de Iverson et al. (1994), entre los 400 y 3.600 mm, incluyendo el rango de precipitación menor a 400 mm, (considerado por Alarcón y Cardona, 2001), al cual se le asigna el peso mínimo.

De acuerdo con Iverson et al. (1994), la relación entre las clases de precipitación y el peso es positiva entre el rango de 400 a 3.200 mm/año, después del cual se considera un efecto negativo. Sin embargo, la producción de materia seca, al parecer, tiende a estabilizarse con precipitaciones por encima de los 4.000 mm⁷.

En la Tabla A5.13 se muestran los intervalos y pesos asignados a la variable precipitación, en donde se considera un incremento en los valores del peso hasta los 3.200 mm, con un pequeño decremento posterior que tiende a estabilizarse después de los 3.600 mm de precipitación al año, al cual se le asignó un peso relativo de 21 puntos.

Tabla A5.13 Intervalos de precipitación y pesos

Clase	Intervalo (mm/año)	Peso
1	0 – 400	1
2	401 – 600	3
3	601 – 800	6
4	801 – 1000	9
5	1001 – 1200	12
6	1201 – 1600	15
7	1601 – 2000	18
8	2001 – 2400	21
9	2401 – 2800	24
10	2801 – 3200	25
11	3201 – 3600	24
12	3601 – 4000	21
13	> 4000	21

Fuente: IDEAM, 2007

3) *Altitud.* Esta variable se obtuvo a partir del modelo digital de elevación (DEM) a 90 m de resolución espacial (SRBM: Shuttle radar topographic mision), donde se utilizaron los mismos rangos de altitud reportados por el proceso metodológico original que muestran las variaciones generales en la estructura de los bosques con la altitud. Con dichos rangos reclasificó el DEM, a partir de los intervalos establecidos en la Tabla A5.14.

7 Producción primaria en función de las precipitaciones medias anuales. Smith R. and Smith T. (2001).



Tabla A5.14 Intervalos de altitud y pesos

Clase	Intervalo (m)	Peso
1	0 – 15	8
2	16 - 750	13
3	751 – 1.500	13
4	1.501 – 2.010	13
5	2.011 – 3.000	8
6	3.001 – 3.750	4
7	> 3.750	1

Fuente: Los autores, 2007

A las clases 2 a 4 se les asignó el peso máximo (13), aplicando los valores dados por Alarcón y Cardona (2001) a esas mismas clases. Lo anterior porque se encontraron estimaciones importantes de biomasa calculadas a partir del volumen reportado por los inventarios forestales recopilados en la Primera Comunicación Nacional de Colombia ante la CMNUCC. A las clases 1 5 y 6 se les asignaron los pesos más bajos, pues los contenidos de biomasa fueron menores, situando a la clase 7 en el último lugar con el peso mínimo. En este sentido, la asignación de pesos no siguió ningún patrón lineal.

- 4) *Pendientes*. Según Iverson et al. (1994), esta variable puede influenciar en un grado limitado, teniendo en cuenta la capacidad del paisaje para sostener biomasa. Esta variable se obtuvo, igualmente, a partir del DEM a 90 m de resolución espacial (SRTM). Posteriormente, se reclasificó con base en la categorización establecida por el IGAC para el país (2003), que se presenta en la Tabla A5.15.

Tabla A5.15 Intervalos de pendientes y pesos

Clase	Descripción	Intervalo (%)	Peso
1	Nivelado	0 – 1	12
2	Ligeramente plana	1 – 3	12
3	Ligeramente inclinada	3 – 7	12
4	Moderadamente inclinada	7 – 12	10
5	Inclinada	12 – 25	8
6	Ligeramente empinada	25 – 50	6
7	Moderadamente empinada	50 – 75	4
8	Fuertemente empinada	> 75	2

Fuente: IDEAM, 2007

Se aplicaron los pesos establecidos por Alarcón y Cardona (2001) en valores enteros, asignando a las tres primeras clases el peso máximo que luego disminuyen conforme una expresión de la forma lineal.

- 5) *Profundidad y textura de los suelos*. Para el suelo se tomaron en cuenta factores como textura y calidad, además de calificar de manera general (binaria) la profundidad, pedregosidad y salinidad de los suelos, según lo dispuesto por Iverson et al. (1994). En la propuesta de Alarcón y Cardona (2001), la variable suelos se evaluó en términos de la textura y profundidad del suelo, factores que también fueron utilizados para la actualización del proceso metodológico utilizado en la estimación de emisiones del Módulo Lulucf de los años 1990 y 1994.

Estas variables fueron ubicadas en la cartografía tomando como información base el mapa de suelos generado por el IGAC (2003), a escala 1: 500.000. Luego, se procedió con la reclasificación y combinación de las variables con la respectiva asignación de pesos, donde el peso máximo de 25 puntos se asignó a las clases 11 y 12, que incluye suelos profundos y de textura media. Los pesos más bajos fueron para las clases 17 y 18 con suelos superficiales y texturas gruesas. Los pesos asignados son el resultado de la comparación entre las clases obtenidas y las clasificaciones de los autores mencionados, realizando una asignación lineal. Véase la Tabla A5.16.

Tabla A5.16 Intervalos de calidad del suelo y pesos

Clase	Textura	Profundidad efectiva	Peso
1	Fina	Muy superficiales	9
2	Fina	Superficiales	9
3	Fina	Moderadamente profundos	17
4	Fina	Profundos	17
5	Fina	Muy profundos	17
6	Fina - Media	Muy superficiales	13
7	Fina - Media	Superficiales	13
8	Fina - Media	Moderadamente profundos	21
9	Fina - Media	Profundos	21
10	Media	Superficiales	17
11	Media	Moderadamente profundos	25
12	Media	Profundos	25
13	Media - Gruesa	Muy superficiales	13
14	Media - Gruesa	Superficiales	13
15	Media - Gruesa	Moderadamente profundos	21
16	Media - Gruesa	Profundos	21
17	Gruesa	Muy superficiales	5
18	Gruesa	Superficiales	5
19	Gruesa	Moderadamente profundos	13
20	Gruesa	Profundos	13

Fuente: Los autores, 2007

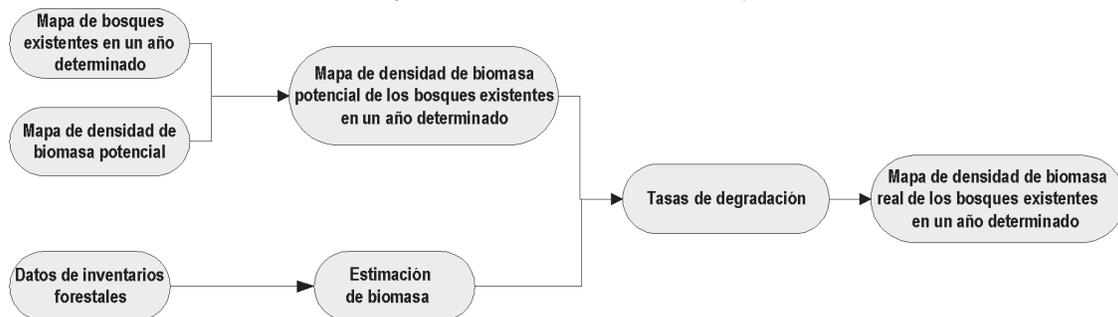
6) Índice de densidad potencial de biomasa. Se realizó la superposición temática de las variables reclasificadas con la asignación de pesos para obtener el mapa de índice de densidad potencial de biomasa, en donde la suma de los pesos individuales reportaron resultados entre 22 y 98 puntos.

Siguiendo la metodología original para convertir el mapa de índice de densidad potencial de biomasa en valores de densidad de biomasa potencial, se calibró el índice mediante la asignación de valores de densidad de biomasa al rango de valores de índice, estableciendo así un límite superior e inferior. A partir de dichos límites se asumió la linealidad en la densidad de biomasa asignada entre esos rangos.

Para establecer el límite superior e inferior de densidad de biomasa se utilizaron datos de inventarios forestales y de biomasa que reflejaran los valores más apropiados para bosques maduros. El límite superior se estableció en 350 t o ms/ha y el inferior en 60 t o ms/ha ó menos⁸.

Posteriormente, el mapa de densidad de biomasa potencial se superpuso con las áreas de bosque natural del mapa de coberturas, uso y ocupación del territorio (IDEAM, 2001), para generar el mapa densidad de biomasa potencial de los bosques existentes en el año 2001. Este proceso metodológico se representa en la Figura A5.2.

Figura A5.2 Estructura para generar los mapas de densidad de biomasa potencial y densidad de biomasa real de los bosques



Fuente: IDEAM, 2007, utilizando adaptaciones de Iverson *et al.* (1994)

⁸ t · ms/ha = tonelada de materia seca por hectárea.

B. Mapa de densidad de biomasa real

De acuerdo con la metodología original de Iverson et al. (1994), la generación de este mapa incorpora, entre otras, la variable densidad de población relacionada con tasas de degradación, sin embargo, los resultados obtenidos con este procedimiento no reflejaban los efectos reales de la dinámica de intervención humana en el caso del país. Por lo anterior, se modificó la metodología tal como se muestra en la Figura 5.5, en donde, únicamente con el mapa de densidad de biomasa potencial, y la aproximación de factores de degradación de biomasa, estimados mediante la incorporación de datos de inventarios forestales, se generó el mapa de densidad de biomasa real de los bosques existentes para el año 2001. Con este mapa se estimaron los datos promedio para las coberturas de bosque, dando como resultado una estimación de la biomasa real promedio total de 145 t • ms/ha.

• Biomasa después de la conversión

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 con el IPCC (1997, 2005 y 2006) se supone que toda la biomasa se elimina durante la preparación de un lugar para destinarlo a tierras agrícolas o pastos; entonces, por omisión, la biomasa después de la tala debería ser cero (0). Sin embargo, las directrices determinan 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 las directrices del IPCC (1997), se establece un valor por defecto de 10 t ms/ha para cultivos anuales establecidos en el área convertida, indicando que este valor puede ser mayor en cultivos perennes por ejemplo: café, caucho, etc.⁹

En el ejercicio adelantado con la utilización de los mapas de coberturas, uso y ocupación del territorio, no fue posible diferenciar el tipo de cultivo establecido después de la conversión (cultivos anuales, cultivos leñosos perennes o pastos) porque estos se incluyen en el mapa en la categoría de agroecosistemas. Teniendo en cuenta lo anterior, 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).

• Pérdida anual de biomasa

Con los datos de biomasa antes y después de la conversión, se estima el cambio neto en la densidad de la biomasa por unidad de cobertura analizada, que se multiplica por la superficie convertida anualmente para obtener la pérdida anual de biomasa. Como se utilizaron datos iguales para los dos años del inventario, la pérdida anual de biomasa es igual y corresponde a un total de 17.076,67 kt • ms.

• Paso 2. Estimación del carbono liberado por la quema de biomasa aérea in situ

Según el IPCC (1997), debe considerarse la fracción de biomasa quemada en el sitio cuando esta práctica se usa para remover total o parcialmente la vegetación de los bosques en el establecimiento de cultivos agrícolas o pastos. Esta fracción se relaciona con los valores de pérdida anual de biomasa para determinar la cantidad total de biomasa que se quema en el sitio. A partir del dato de la biomasa quemada en el sitio, se estima la fracción que se oxida y que se libera inmediatamente a la atmósfera, obteniendo la biomasa oxidada y la cantidad de carbono liberado, teniendo en cuenta la biomasa quemada en el sitio para el año del inventario.

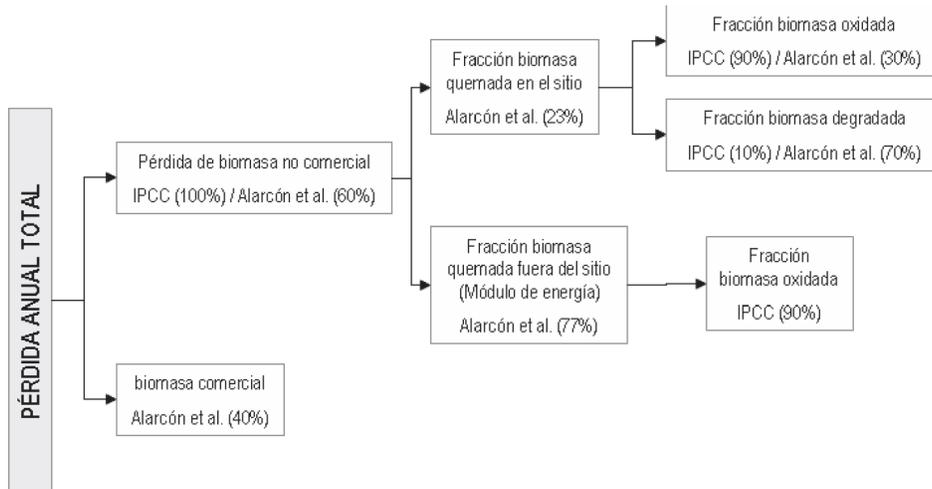
Cada país debe establecer la fracción de biomasa que se quema en el sitio de la extracción de acuerdo con sus prácticas de conversión de bosques. Al respecto, durante la búsqueda de información realizada hasta el momento, se encontró que Alarcón y Cardona (2001), trataron de establecer el valor de las diferentes fracciones de biomasa y su destino durante los procesos de intervención o conversión de los bosques no plantados. La Figura A5.3, presenta el análisis realizado por los autores, en cuanto a los usos dados a la biomasa extraída de los bosques del país.

⁹ En la *Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura* OBP –Lulucf (2005) y las *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero – Versión revisada en 1996* (1997); se presentan valores por omisión para los cultivos no leñosos anuales, los cultivos leñosos perennes y las praderas establecidas los cuales requieren diferenciar los usos dados a las áreas de bosque convertidas.

De la Figura 5.6 se establece que 40% de la biomasa total extraída en el sitio tiene un aprovechamiento para uso comercial. 60% corresponde a la biomasa aérea no comercial que se abandona en el sitio de la extracción; de este valor se considera que 77% corresponde a la fracción de biomasa que se quema fuera del sitio y que 23% representa la fracción de biomasa quemada en el sitio. Del 23% mencionado, consideran que 30% de la biomasa se oxida inmediatamente y 70%, se degrada en el sitio de extracción.

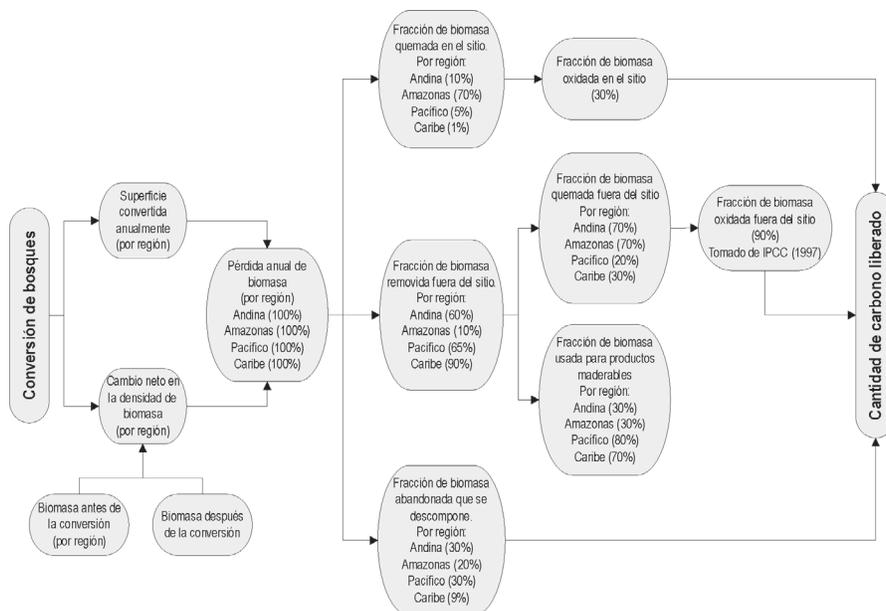
Teniendo en cuenta que pueden existir diferencias en las dinámicas de conversión para aquellas zonas donde se establecieron pérdidas en la superficie de bosque, se consideró pertinente realizar nuevas aproximaciones con base en consultas realizadas a expertos regionales y al interior del IDEAM. En este sentido, se proponen fracciones para las siguientes regiones: Amazonia, Pacífico, Andina y para los manglares del Caribe, tal como se observa en la Figura A5.4.

Figura A5.3 Fracciones de biomasa extraída



Fuente: IDEAM 2007, con base en metodología del IPCC (1997) y Alarcón y Cardona (2001).

Figura A5.4 Proceso de conversión de bosques y fracciones de biomasa propuestas por región



Fuente: IDEAM, 2007 y aportes de expertos



Estas fracciones de biomasa se aplicaron a los años del inventario 2000 y 2004, por considerar que no existe variación sustancial de un año a otro. En la Tabla A5.17, se presentan las fracciones propuestas en relación con la unidad. Para la región Andina se estima que el 10% de la biomasa se quema en el sitio, considerando que es una práctica en decadencia en los procesos de conversión de los bosques, entre otras razones, porque la superficie forestal es cada vez menor y la población intenta aprovechar al máximo los productos derivados, bien sea leña y/o madera.

Tabla A5.17 Fracciones de biomasa quemada en el sitio

Cobertura de bosque	Fracción
Bosque andino (BA)	0,10
Bosque basal amazónico (BBam)	0,70
Bosque basal pacífico (BBp)	0,05
Especial pantano amazónico (EPam)	0,70
Manglar caribe (Mc)	0,01

Fuente: IDEAM, 2007

En el caso de la Amazonia colombiana, esta práctica depende del desarrollo de los procesos de colonización y de los sistemas de transporte y movilización por ríos y vías de acceso que faciliten la salida de los productos maderables, por lo tanto, la fracción propuesta es de 70%. En el Pacífico, las pérdidas de bosque se producen más por degradación que por procesos de conversión, por esta razón, además de las condiciones altas de humedad que no facilitan las quemadas en el sitio, se estableció un valor de 5%. Con respecto a los manglares utilizados como madera y leña, se considera que no se producen quemadas en el proceso de pérdida de biomasa por esto, se le asigna el mínimo valor para efectos de cálculo de 1%.

A su vez, para la fracción de biomasa oxidada en el sitio de conversión, se utilizó el valor reportado por Saldarriaga (1994), quien indica que 30% de la biomasa forestal cortada se consume durante la quema en el sitio.

- **Paso 3. Estimación del carbono liberado por la quema de biomasa aérea fuera del sitio**

Según el IPCC (1997), existe una porción de biomasa que puede ser removida del sitio de conversión y usarse como leña o productos. Por ello, se deben estimar estas fracciones con el fin de discriminar solamente la biomasa que se quema fuera del sitio de conversión, dado su uso como combustible.

Tabla A5.18 Fracciones de biomasa removida fuera del bosque

Cobertura de bosque	Fracción
Bosque andino (BA)	0,60
Bosque basal amazónico (BBam)	0,10
Bosque basal pacífico (BBp)	0,65
Especial pantano amazónico (EPam)	0,10
Manglar caribe (Mc)	0,90

Fuente: IDEAM, 2007 y aportes de expertos

En la Tabla A5.18 se encuentran las propuestas para las fracciones de biomasa removida fuera del bosque, según las consideraciones de cada región mencionadas en el paso anterior, producto de los diferentes procesos de conversión de los bosques existentes. Con base en las fracciones de biomasa removida fuera del bosque, se estableció la fracción de biomasa para productos maderables y la fracción de biomasa que se quema como leña, igualmente atendiendo a la opinión de expertos regionales y al interior del IDEAM. En Tabla A5.19, se presenta el resultado de relacionar las fracciones de biomasa removida y el porcentaje que de ésta se usa como leña, es decir, la fracción removida y quemada fuera del sitio de conversión, por región, y utilizada en las hojas de cálculo del IPCC (1997).

Tabla A5.19 Fracciones de biomasa removida y quemada fuera del bosque

Cobertura de bosque	Fracción removida	Fracción quemada	Fracción removida y quemada
Bosque andino (BA)	0,60	0,7	0,42
Bosque basal amazónico (BBam)	0,10	0,7	0,07
Bosque basal pacífico (BBp)	0,65	0,2	0,13
Especial pantano amazónico (EPam)	0,10	0,7	0,07
Manglar caribe (Mc)	0,90	0,3	0,27

Fuente: IDEAM, 2007 y aportes de expertos

La fracción de madera utilizada para productos no se usa para los cálculos de las emisiones, por considerar que en términos generales representa carbono almacenado y no existe una metodología clara y de fácil aplicación para 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.

- **Paso 4. Estimación del carbono total liberado por la combustión de la biomasa aérea insitu y fuera del bosque**

De acuerdo con la hoja de trabajo 5-2 3 de 5 de la metodología del IPCC se deben sumar los resultados de la cantidad de carbono liberado por la biomasa quemada insitu y la cantidad de carbono liberado por la biomasa removida y quemada fuera del bosque, con el fin de obtener la cantidad total de carbono liberado por la biomasa quemada. Este valor fue de 2.486,23 kt C para cada año del inventario, porque se asumieron los mismos datos de superficie convertida anualmente y las fracciones de biomasa.

- **Paso 5. Estimación del CO₂ liberado por la descomposición de la biomasa aérea**

Este paso relaciona información sobre la superficie media convertida, utilizando un promedio de diez años con la biomasa presente antes y después de la conversión, además de la fracción de biomasa abandonada que se descompone en el sitio.

- Superficie media convertida (promedio de diez años)

Según el IPCC (1997), se estima que la biomasa que no se quema y que permanece en el sitio tarda aproximadamente una década en descomponerse por lo tanto, se requiere conocer el valor promedio de la superficie convertida anualmente, tomando como referencia dicho plazo. Con tales condiciones, se utilizaron los datos estimados por cobertura de bosques y praderas convertidas anualmente del Paso 1. Véase la estimación de la biomasa talada de la Tabla A5.11 Conversión anual de coberturas boscosas, periodo 1986-2001, presentada antes en el numeral 5.1.1.2 (Conversión de bosques y praderas).

- Biomasa antes y después de la conversión

Esta información corresponde a los valores estimados en el ítem Biomasa antes y después de la conversión, del Paso 1, Estimación de la biomasa talada, presentada en la sección 5.1.1.2 Conversión de bosques y praderas del presente anexo. Igualmente, con los datos de biomasa antes y después de la conversión, se estimó el cambio neto en la densidad de la biomasa y, posteriormente, la pérdida anual de biomasa.

- Fracción de biomasa abandonada que se descompone

El IPCC (1997), establece que la fracción de biomasa abandonada es la porción de biomasa que se deja para su descomposición, proceso que libera gases a una tasa lenta durante diez años. Por lo general, las tasas de descomposición de desperdicios de madera dependen de muchos factores que incluyen la humedad, la temperatura y la composición química.



Igualmente, se señala que debe existir una relación entre la fracción dejada para descomposición en el sitio y las fracciones quemadas dentro y fuera del sitio de extracción. No obstante, en razón a que en la metodología las porciones de quema y descomposición son promedios sobre diferentes periodos de tiempo, la relación no necesita ser precisa pero los supuestos hechos para esas diferentes fracciones deben ser coherentes.

Las fracciones de biomasa abandonada que se descompone en el sitio de conversión, también corresponden a una propuesta apoyada por personas expertas, arrojando las cifras que se exponen en la Tabla A5.20.

Tabla A5.20 Fracciones de biomasa abandonada en el bosque

Cobertura de bosque	Fracción
Bosque andino (BA)	0,30
Bosque basal amazónico (BBa m)	0,20
Bosque basal pacífico (BBp)	0,30
Especial pantano amazónico (EPam)	0,20
Manglar caribe (Mc)	0,09

Fuente: IDEAM, 2007 y aportes de expertos

Al aplicar estas fracciones 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 en 1.971,68 kt C.

- **Paso 6. Estimación del total de emisiones de CO₂ procedentes de la conversión de bosques y praderas**

En este paso se considera el resultado de la liberación inmediata procedente de la combustión y las emisiones diferidas procedentes de la descomposición para estimar el total anual de carbono y de CO₂ liberado como resultado de la conversión de bosques. Los resultados reportan una emisión total de 4.457,92 kt C y 16.345,70 Gg de CO₂, para los dos años del inventario.

5.1.1.3. Quema insitu de bosques

Como producto de la quema de biomasa dentro del sitio, y por considerar que es una fuente significativa de emisiones, la metodología del IPCC (1997) estima para este módulo las emisiones de metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO). En este sentido, los cálculos toman de base los resultados del carbono liberado por la quema de biomasa dentro del sitio, estimados anteriormente.

Las emisiones de CH₄ y CO se consideran como relaciones con respecto a los flujos de carbono emitidos durante la quema. El contenido total de nitrógeno se estima con base en la relación nitrógeno-carbono; de esta manera, las estimaciones de las emisiones de N₂O y NO_x, se calculan como relaciones con respecto al nitrógeno total. El valor por omisión dado por el IPCC (1997) a utilizar para la relación nitrógeno-carbono es 0,01 y las relaciones de emisión de los gases distintos del CO₂, se indican en la Tabla A5.21.

Tabla A5.21 Relaciones de emisión de gases diferentes al CO₂

Compuesto	Relacion
CH ₄	0,012
CO	0,060
N ₂ O	0,007
NO _x	0,121

Fuente: IPCC, 1997

Finalmente, se indican las relaciones de conversión para obtener las emisiones totales de cada uno de los gases estimados. Véase la Tabla A5.22.

Tabla A5.22 Relaciones de conversión de gases diferentes al CO₂

Compuesto	Relación
CH ₄	16/12
CO	28/12
N ₂ O	44/28
NO _x	46/14

Fuente: IPCC, 1997

Los resultados de las emisiones de gases diferentes de CO₂, para los años 2000 y 2004 se presentan en la Tabla A5.23.

Tabla A5.23 Emisiones de CH₄, CO, N₂O y óxidos de nitrógeno por quema insitu de bosques

Compuesto	Emisión Años 2000 y 2004 (Gg)
CH ₄	12,672
CO	110,878
N ₂ O	0,087
NO _x	3,149

Fuente: Los autores, 2007

5.1.1.4 Categoría C. Abandono de tierras cultivadas

El IPCC (1997) establece que en esta sección se evalúen 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. Además, considera que la acumulación de carbono en las tierras abandonadas depende del tipo de ecosistema natural que vuelve a crecer, por ejemplo bosques o praderas, lo que implica discriminar por tipo de regeneración. En las praderas se supone que la acumulación neta en la superficie de la tierra es nula, por lo tanto, sólo se deben incluir las tierras que se regeneran para volver a alcanzar su estado natural.

Asimismo, el IPCC (1997) considera que las tasas de regeneración disminuyen con el tiempo, es decir, que la vegetación joven crece más rápido que aquella que se encuentra en estados de sucesión más avanzados; por esta razón, se realizan los cálculos con base en dos periodos de tiempo: 1) Tierras abandonadas veinte años antes del inventario y 2) Tierras abandonadas entre veinte y cien años antes del inventario

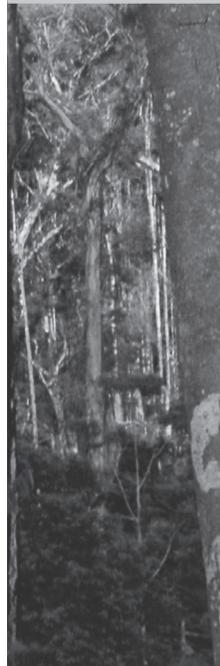
- **Paso 1. Cálculo de la absorción anual de carbono en la biomasa aérea (tierras abandonadas en los últimos veinte años)**

Este dato es el resultado de la relación entre la superficie total abandonada y en etapa de regeneración en los últimos veinte años y la tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea.

- Superficie total abandonada y en etapa de regeneración en los últimos veinte años

Para esta variable no fue posible utilizar los mapas de coberturas vegetales, uso y ocupación del territorio generados por IDEAM, porque no permiten discriminar los cambios de aquellas áreas de cultivo o pastoreo que son abandonadas y que pasan a convertirse en áreas con vegetación en los primeros estados sucesionales.

Para salvar la situación encontrada, se identificó una alternativa que permitió realizar una aproximación parcial para la estimación de esta variable: utilizar 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, por sus siglas en inglés). Este proyecto realiza un análisis multitemporal de cultivos de coca en el país, el cual, según el Simci II (2007), es una evaluación de los cambios que presentaron las coberturas vegetales interpretadas en zonas comunes para dos periodos de análisis.

Se debe tener presente que en ese documento los análisis multitemporales se realizan desde el periodo 2000-2001, a través de la interpretación de imágenes de satélite (Landsat, Aster, Spot e Irs). Con dicho trabajo, además de los cultivos de coca se han identificado otras coberturas vegetales como bosque primario, bosque secundario, rastrojo alto, pasto y rastrojo bajo.

En este sentido, la UNODC (2005), indica que para el periodo 2000-2001, la superficie con cultivos de coca que fue abandonada y se regeneró con vegetación de bosque secundario y rastrojo alto (según el Simci), correspondió a 44.302 ha. Por su parte, tales coberturas para el periodo 2003 a 2004 se cuantificaron en 29.557 ha (UNODC, 2007).

Es necesario aclarar que aunque esta fuente tiene información del periodo 2000 al 2006, no es posible utilizar datos acumulados de la vegetación regenerada durante varios periodos porque, 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 esta razón, se utilizaron datos de un periodo para cada año del inventario.

Por consiguiente, aunque esta información (SIMCI II) no representa todo el país, y tampoco un periodo considerable de tiempo que permita suponer que las áreas abandonadas van alcanzar y mantener su estado natural, se prefirió su utilización para generar las estimaciones sobre la captura de CO₂ para los años 2000 y 2004.

- Tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea

El manejo de esta variable requiere conocer las tasas de crecimiento por tipo de regeneración natural que está recreciendo en las áreas de cultivo y pastoreo abandonadas en los últimos veinte años. Ahora bien, puesto que el país cuenta con poca información sobre tasas de crecimiento anual para aplicar de manera general a los principales tipos de bosques naturales, es difícil obtener información confiable para determinar el incremento de la biomasa por unidad de tiempo en bosques naturales (IDEAM, 2006). Por lo anterior, existe el reto de conseguir un método de mayor precisión en la predicción del crecimiento boscoso en grandes unidades de paisajes fisiográficos.

En estas condiciones, y con el fin de disminuir la incertidumbre en algunos datos básicos para la estimación de las emisiones del Módulo Lulucf, se desarrolló en el año 2004 el proyecto Colombia: Climate change enabling activity (additional financing for capacity building in priority areas). Esta gestión dio como resultado el documento 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 (IDEAM, 2006). Allí, a partir del modelo de Chapman - Richards, se desarrollaron algunas ecuaciones que permitieran estimar el crecimiento anual promedio de la biomasa aérea en bosques naturales con el uso de datos de biomasa aérea.

El procedimiento para su obtención advierte que las ecuaciones estiman una variación promedio de los incrementos de biomasa aérea en bosques tropicales, porque aún existe incertidumbre en relación con la variación del crecimiento en grandes unidades del paisaje por lo tanto, es necesario realizar estudios para establecer los rangos de validez espacial de las ecuaciones en una mayor resolución. En este sentido, y utilizando una densidad de biomasa promedio de 145 t ms/ha, se aplicó la ecuación:

$$IBA = 2,594 (B0,991 - 275-0,009B); R2 = 0,61$$

Donde:

IBA = Incremento de biomasa aérea

B = Biomasa

El resultado obtenido fue una tasa de crecimiento de 2,07 t • ms • ha⁻¹ • año⁻¹.

- **Paso 2. Cálculo de la absorción anual de carbono en la biomasa aérea (tierras abandonadas durante más de veinte años)**

Este dato es el resultado de la relación entre la superficie total abandonada en etapa de regeneración durante más de veinte años y la tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea. Sobre este cálculo no es posible estimar la absorción anual de carbono en la biomasa aérea en tierras abandonadas durante más de veinte años, porque no se dispuso de información sobre el área para el periodo de tiempo evaluado, es decir, datos de área abandonada antes de los años 1984 y 1980.

- **Paso 3. Cálculo del total de las remociones de CO₂ en tierras abandonadas**

En este paso, se suman los resultados de los pasos 1 y 2 y se convierten en términos de dióxido de carbono. Se obtiene como resultado 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.

5.1.1.5 Categoría D. Emisión o absorción de CO₂ en los suelos por el manejo y cambio de uso de la tierra

De acuerdo con el IPCC (1997), se estiman las emisiones netas (fuentes y sumideros) de tres procesos:

- Cambios en el carbono almacenado en los suelos y la cubierta muerta de los suelos minerales por cambios en las prácticas de uso de las tierras.
- Emisiones de CO₂ procedentes de suelos orgánicos convertidos a la agricultura o plantaciones forestales.
- Emisiones de CO₂ procedentes del abonado con cal de los suelos agrícolas.

Al respecto el IPCC (1997) indica la necesidad de definir los principales tipos de sistemas de manejo de la tierra utilizados en el país, así como los tipos de ecosistemas que se convierten a la agricultura o que se han derivado del uso agrícola de las tierras en el pasado, por ejemplo; tierras abandonadas y tierras reforestadas.

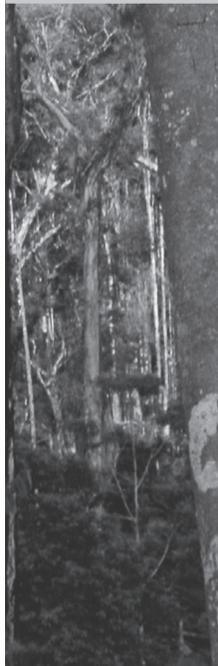
Estos sistemas deben reflejar diferencias en las existencias de carbono de los suelos por diferencias en las prácticas de manejo y, si estos procesos ocurren en un periodo largo de tiempo (mayor a diez años), también se deben definir sistemas de sucesión natural, por ejemplo, tierras abandonadas recientemente y tierras abandonadas hace muchos años.

Adicionalmente, la información se debe evaluar por tipos de suelos, para lo cual el IPCC (1997) sugiere los siguientes, y proporciona algunos ejemplos de grupos taxonómicos:

- *Suelos minerales con alta actividad arcillosa:* vertisoles, molisoles, alfisoles altamente básicos, aridisoles e inceptisoles.
- *Suelos minerales con baja actividad arcillosa:* ultisoles, oxisoles, alfisoles ácidos.
- *Suelos arenosos:* psamments.
- *Suelos volcánicos:* andisoles.
- *Suelos espódicos:* espodosoles.
- *Suelos ácuicos (húmedos):* subórdenes ácuicos.
- *Suelos orgánicos:* histosoles.

- **Paso 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 periodo de inventario**

El IPCC (1997) indica que los cálculos de las emisiones de CO₂ procedentes de suelos minerales se relacionan con los cambios en las existencias del carbono almacenado en los suelos y en la cubierta muerta, como resultado de los cambios en el uso de la tierra y las prácticas agrícolas. Las emisiones se estiman dentro de un periodo de veinte años, es decir, se requiere conocer las superficies de tierra



por sistema de uso y por tipo de suelos para el año del inventario y para veinte años atrás. Igualmente, se indica que las estimaciones de las existencias de carbono de los suelos se basan en los 30 cm superiores del perfil de suelo, pues aunque en las capas más profundas se pueden encontrar cantidades apreciables de carbono, sobre todo en los suelos tropicales, éstas se ven menos afectadas por los cambios en el uso de la tierra y las prácticas de manejo, además de existir menos información sobre las capas más profundas.

Con tales directrices, se estimaron las superficies de tierra en los años del inventario (sólo existe información para el año 2001) y 15 años atrás, con base en 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.

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 con los tipos de suelo sugeridos por el IPCC.

- **Paso 2. Asignación del contenido de carbono por sistema de manejo y uso de la tierra y tipo de suelo**

Una vez establecida la superficie en los dos periodos de tiempo, se determinó 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 ecosistemas naturales, el IPCC (2005) proporciona valores por omisión sobre los contenidos de carbono en suelos con vegetación natural, primeros 30 cm, por cada región climática. En el caso de ecosistemas naturales afectados por la agricultura, se requiere tomar de 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).

- **Paso 3. Cálculo de las emisiones anuales netas de los suelos minerales**

Con la información anterior se estimó el cambio neto del carbono en suelos minerales durante los años evaluados (1986 y 2001), resultando en una emisión total de 14,20 teragramos de C (Tg C), que corresponde a una emisión anual de 0,946 Tg C, cifra que se utiliza para el inventario del año 2000. Por carecer de información para establecer las superficies de tierra al año 2004, se asume el mismo valor de emisión anual del 2000.

- **Paso 4. Cálculo de las emisiones anuales procedentes de los suelos orgánicos**

En este caso se estimó la superficie de tierra, tomando como referencia los sistemas de uso considerados por el IPCC (1997): 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 (IDEAM, 2001) y del mapa de suelos (IGAC, 2003), previamente clasificado por tipos de suelo. Además, se estableció la tasa anual de pérdida de carbono de los suelos por área, para lo cual el IPCC (1997) ofrece algunos valores por omisión.

Por consiguiente, la emisión procedente de la pérdida neta de carbono de los suelos orgánicos fue de 1.051.657,85 megagramos de C por año, y se asume este valor para el 2000 y el 2004.

- **Paso 5. Cálculo de las emisiones anuales procedentes del abonado con cal de los suelos agrícolas**

Se estimaron las emisiones de carbono procedentes del abonado con cal de las tierras utilizadas para la agricultura, requiriendo información de la cantidad anual de cal aplicada a nivel nacional, diferenciando dos tipos de cal: carbonato de calcio y dolomita. Como no fue posible establecer esta información, se utilizaron los reportes del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) sobre la venta de fertilizantes y acondicionadores, que incluye las ventas discriminadas por tipo de cal.

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. Para el año 2004, se vendieron 6327.034 kg de carbonato de calcio o caliza y de 33.'503.228 kg de dolomita. Estos valores se multiplican por los factores de conversión del carbono para estas sustancias propuestos por el IPCC (1997). Los resultados de las emisiones de carbono procedentes de los correctivos con cal, equivalen a: 2.826,79 y 4.846,64 Mg C. para 2000 y 2004, respectivamente.

• **Paso 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.

5.1.2 Resultados del cálculo de emisiones de GEI

Los siguientes son los resultados consolidados de las emisiones y absorciones de CO₂ y de gases distintos del CO₂, procedentes de las actividades generadas en el Módulo Lulucf. Véanse las Tablas A5.24 y A5.25.

Tabla A5.24 Consolidados de emisiones y absorciones del año 2000

Reporte sectorial para el inventario nacional de gases de efecto invernadero Módulo uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura - 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 Uscuss (Lulucf)	29.944,93		12,67	0,09	3,15	110,88
Total Uscuss (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: Los autores, 2007

Tabla A5.25 Consolidados de emisiones y absorciones del año 2004

Reporte sectorial para el inventario nacional de gases de efecto invernadero. Módulo uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura del 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 Uscuss (Lulucf)	25.720,55		12,67	0,09	3,15	110,88
Total Uscuss (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: Los autores, 2007



ANEXO 5.2 EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS EN COLOMBIA

5.2.1 Sistema de áreas protegidas en Colombia

Desde un enfoque orientado hacia la consolidación de la gestión que viene adelantando el país en la conservación de las áreas naturales, incluyendo su cobertura vegetal, se presenta una visión general del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Adicionalmente, es procedente mencionar que en los procesos de conservación de la biodiversidad, la declaratoria de áreas protegidas¹⁰ ha sido reconocida mundialmente como el instrumento más efectivo para su conservación insitu. Dicho instrumento permite además potenciar las gestiones de conservación de coberturas vegetales, las cuales sirven como un sumidero efectivo de fijación del carbono.

Una de las relaciones que más afecta la conservación de los recursos es la interacción del área protegida con la gente ubicadas en o alrededor de la misma. Al respecto, vale mencionar cómo la configuración del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN) fue cambiando hacia la conformación de los Sistemas Nacionales de Áreas Protegidas. Tal gestión buscó, además de articular las áreas protegidas de carácter estatal declaradas por el ámbito nacional, integrar las áreas declaradas en ámbitos regionales y locales, junto con las iniciativas de conservación de la sociedad civil y de comunidades étnicas.

Es necesario mencionar que las áreas del SPNN tienen en promedio algo más del 2% de sus territorios en procesos de transformación severa, que aumenta hasta el 3,46%, si se considera la cobertura de vegetación secundaria, como se muestra la Tabla A5.26. El dato en conjunto no refleja el problema existente, el cual al presentarlo para cada una de las áreas protegidas cobra especial relevancia; como referencia se citan: Los Estoraques, Utría, Sanquianga, Selva de Florencia y Tayrona, donde la transformación ha ocurrido sobre más del 30% del territorio reservado (UAESPNN, 2007).

Las competencias para la declaratoria de áreas protegidas se sitúan en tres ámbitos de gestión: nacional a través del MAVDT/UAESPNN; regional a cargo de las Corporaciones Autónomas Regionales, y local con las alcaldías municipales, en el marco de sus Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y la sociedad civil. El esquema actual de funcionamiento del Sinap se desarrolla en el marco de los tres niveles de descentralización pública de la gestión ambiental, atendiendo a los principios de gradación normativa y rigor subsidiario en el nivel nacional (o central), regional y local. En cada uno de los niveles se realizan actividades de planificación y gestión específica para consolidación del Sinap. Véase el Cuadro A5.1.

10 ANDRADE, G. Informe Nacional sobre el desarrollo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia. Informe de país al II Congreso Latinoamericano de Parques Nacionales y Otras Áreas Protegidas. Bariloche, Argentina, septiembre 30 a octubre 6 de 2007. Documento preparado por la UAESPNN para la Segunda Comunicación Nacional. Bogotá: 2007.

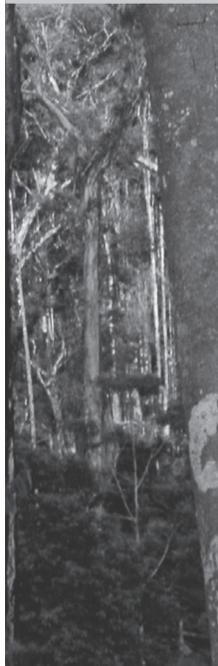


Tabla A5.26 Transformación de las áreas protegidas del SNPNN, 2007

Área protegida	Superficie total (Ha)	Vegetación natural (ha)	Vegetación secundaria (ha)	Área transformada (ha)	Área marina (ha)	% Transformación	% Transformación + vegetación secundaria
Alto Fragua	77.381	76.686	522	173	-	0,2%	0,9%
Amacayacu	265.861	265.755	106	0	-	0,0%	0,0%
Cahuinari	544.866	544.866	-	-	-	-	0,0%
Catatumbo – Bari	160.291	144.752	11.974	3.565	-	2,2%	9,7%
Chingaza	76.167	69.425	894	5.848	-	7,7%	8,9%
Chiribiquete	1.303.829	1.303.829	-	-	-	-	0,0%
Ciénaga Grande de Santa Marta	29.010	28.551	340	119	-	0,4%	1,6%
Cordillera de los Picachos	273.026	272.054	64	908	-	0,3%	0,4%
Cueva de los Guacharos	8.928	7.432	1.496	-	-	-	16,8%
De Iguaque	6.658	5.535	707	416	-	6,2%	16,9%
De Macuira	28.815	28.815	-	-	-	-	0,0%
De Pisba	35.704	27.894	2.480	5.330	-	14,9%	21,9%
El Cocuy	308.275	290.800	444	17.142	-	5,6%	5,7%
El Corchal Mono Hernandez	4.374	4.374	-	-	-	-	0,0%
El Tuparro	554.401	545.805	238	9.271	-	1,7%	1,7%
Galeras	8.226	7.224	25	977	-	11,9%	12,2%
Gorgona	58.893	273	-	-	58.620	-	0,0%
Guanenta Alto Rio Fonce	10.394	10.394	-	-	-	-	0,0%
Isla de la Corota	3	3	-	-	-	-	0,0%
Isla de Salamanca	57.104	28.176	-	-	28.926	-	0,0%
La Paya	430.968	430.968	-	-	-	-	0,0%
Las Hermosas	124.713	120.924	-	3.789	-	3,0%	3,0%
Las Orquideas	29.783	25.166	4.063	2.114	-	7,1%	20,7%
Los Colorados	1.055	815	-	240	-	22,7%	22,7%
Los Corales del Rosario y San Bernardo	123.789	998	-	-	122.791	-	0,0%
Los Estoraques	637	-	49	588	-	92,3%	100,0%
Los Farallones de Cali	206.128	190.253	7.178	8.697	-	4,2%	7,7%
Los Flamencos	9.070	8.865	-	205	-	2,3%	2,3%
Los Katios	80.658	64.685	15.759	213	-	0,3%	19,8%
Los Nevados	60.635	59.241	-	1.395	-	2,3%	2,3%
Malpelo	973.577	-	-	-	973.570	-	0,0%
Munchique	47.130	44.029	2.823	279	-	0,6%	6,6%
Navado del Huila	157.415	155.359	1	2.055	-	1,3%	1,3%
Nukak	871.142	870.901	-	241	-	0,0%	0,0%
Old Providence	1.319	14	-	-	1.262	-	0,0%
Otún Quimbaya	411	351	60	-	-	-	14,7%
Paramillo	518.548	446.799	37.340	54.445	-	10,5%	17,7%
Puinawai	1.115.456	1.104.844	166	10.446	-	0,9%	1,0%
Puracé	75.345	74.916	152	277	-	0,4%	0,6%
Rio Pure	1.012.960	1.012.960	-	-	-	-	0,0%
Sanquianga	89.069	55.264	7.418	26.388	-	29,6%	38,0%
Selva de Florencia	10.018	6.472	1.562	1.984	-	19,8%	35,4%
Sierra de la Macarena	629.054	619.647	325	9.082	-	1,4%	1,5%
Sierra Nevada de Santa Marta	400.778	338.163	13.983	48.631	-	12,1%	15,6%
Sumapaz	212.016	193.955	334	17.728	-	8,4%	8,5%
Tama	52.179	44.112	2.796	5.271	-	10,1%	15,5%
Tatama	51.586	51.244	27	1.288	-	2,5%	2,5%
Tayrona	21.146	6.739	6.212	120	8.075	0,6%	29,9%
Tinigua	224.716	222.151	213	2.351	-	1,0%	1,1%
Utria	77.372	20.017	36.133	-	21.222	-	46,7%
Yariguies	78.837	72.468	3.739	1.627	-	2,1%	6,8%
Churumbelos	97.692	97.691	1	538	-	0,6%	0,6%
Complejo volcánico Doña Juana - Cascabel	66.008	65.360	648	-	-	-	1,0%
Total	11.694.053		160.272	243.823	1.214.466	2,3%	3,5%

Fuente: UAESPNN, 2008

Cuadro A5.1 Sistema Nacional de áreas protegidas

Actualmente, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) se define como: El conjunto de áreas protegidas (*), actores sociales y las estrategias e instrumentos de gestión que los articulan y congregan, para contribuir como un todo a los objetivos de conservación de la biodiversidad que el país persigue(**).

En Colombia el SPNN está constituido por 53 áreas, con una extensión un poco mayor a los once millones de ha (***), de las cuales, al restar el componente marino y costero, resultan casi 10,5 millones de ha. Del análisis de los datos se tiene que las áreas continentales del SPNN representan el 9,18% del territorio emergido del país, sin embargo, esta representatividad aumenta hasta el 12,06%, si sólo se consideran las áreas del territorio nacional en condiciones naturales y seminaturales, en tanto que éstas son las de mayor interés en ser conservadas.

(*) Área definida geográficamente que haya sido asignada, regulada y administrada, con vocación de largo plazo, con el fin de alcanzar objetivos específicos de conservación insitu. Adaptación realizada por el Comité de Facilitación para el SINAP, con base en la definición dada en el Artículo 2, Ley 165 de 1994, por la cual Colombia ratifica el Convenio de Diversidad Biológica (**)

(**) El SINAP integra iniciativas de diversa índole, con diferentes objetivos de conservación adaptados según el contexto; bien sea de estricta conservación hasta permitir el uso sostenible.

(***) Corzo, G. A. Lineamientos preliminares para la priorización de áreas protegidas a ser declaradas en el sistema de parques nacionales naturales de Colombia (2008). Información actualizada para diciembre de 2007. Bogotá: UAESPNN.

El concepto de Sinap hace mención expresa a la necesaria vinculación de diferentes actores, así como estrategias e instrumentos de gestión, en el entendido de que sólo desde la cooperación entre múltiples actores será posible una efectiva gestión para la conservación insitu de los valores de biodiversidad del país. En este sentido, los diferentes subsistemas de áreas protegidas que se gestan en el país brindan la posibilidad de participación a múltiples actores.

5.2.2 Categorías de manejo de las áreas protegidas del SINAP: Situación actual y propuesta de categorías

Es claro que el soporte normativo presenta debilidades y vacíos en relación con las categorías de manejo, situación que genera confusión en su utilización. Con respecto a las categorías del SPNN, el énfasis en el uso ha sido la categoría II¹¹. En la actualidad, el número de denominaciones o categorías de manejo de áreas protegidas en el país, reconocidas o no en la legislación nacional, pasa de sesenta, por lo que se hace necesario una simplificación y homologación como parte del Sinap. Véase el Cuadro A5.2.

Cuadro A5.2 Denominaciones para áreas naturales protegidas

En Colombia existen numerosas denominaciones para áreas naturales protegidas, especialmente en el nivel de gestión regional y local, las cuales no siempre se enmarcan en régimen legal. Biocolombia (2000), sin hacer un análisis exhaustivo y sin incluir las áreas de las Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC), registró 201 nombres, de los cuales siete no poseían una categoría de manejo determinada; de ellos 194 fueron declaradas en 40 denominaciones diferentes. Dicho estudio cubrió el nivel subnacional o regional y local (*). De las 40 denominaciones utilizadas, únicamente cinco poseían una definición establecida en la ley, que indicaba las características que debían reunir las áreas, al igual que sus objetivos, actividades permitidas y prohibidas; estas son: Área de Reserva Forestal Protectora, Área de Reserva Forestal Protectora-Productora, Distrito de Conservación de Suelos, Distrito de Manejo Integrado de Recursos Naturales Renovables, y Parque Natural Regional.

Dicho estudio menciona que las 35 denominaciones restantes fueron asignadas en cada caso por la autoridad competente, utilizando nombres que no existían en la legislación, por ejemplo: Ecoparque, Reserva de Agua, Reserva Hidrográfica, Reserva Municipal etc., o con el uso de manera inapropiada de una denominación existente en la legislación, como la de Reserva Natural, que existe para áreas de conservación estricta del nivel nacional, perteneciente al SPNN, y que en ocasiones se suele recurrir a ella para clasificar áreas con objetivos diferentes, aun relacionados con el uso directo de los recursos (**).

(*): Sánchez (2007), citado por Andrade (2007), Op. Cit. Informe Nacional sobre el desarrollo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia. Informe de País al II Congreso Latinoamericano de Parques Nacionales y Otras Áreas Protegidas, Bariloche.

(**) En los últimos siete años varias CAR, el Distrito Capital de Bogotá y otras instituciones del nivel local, han establecido sus propios sistemas regionales o locales de áreas protegidas, contemplando categorías de manejo, que se hallan en la legislación nacional y otras que no están constituidas en ella. Esta situación no permite una visión completa de las categorías de manejo de áreas protegidas del país y su fácil homologación.

En el marco del proceso de diseño, construcción y gestión de una Ley del Sinap, se propuso la reforma de las categorías de manejo integrando tres criterios: 1) Objetivos generales y específicos de conservación de las áreas protegidas; 2) Ámbito de gestión pública que comprende: central (nacional), regional y local; y 3) Formas de gobernanza: público, público-comunitario, privado y privado-comunitario.

Se tomaron los lineamientos de UICN sobre categorías de manejo, adaptándolos a las necesidades y realidad del país, procurando claridad en los referentes para selección y manejo de áreas protegidas, ampliando la participación social en la conservación. Para cada categoría de manejo se considera su definición técnica clara, atributos de las áreas protegidas a seleccionar, directrices de manejo, usos y actividades permitidas, competencias y zonificación para el manejo. Véase la Tabla A5.27.

11 La distinción entre categoría IA y IB de Reserva Natural Estricta o Reserva Natural Silvestre, no se utiliza en Colombia, por considerar que una u otra se refieren a áreas protegidas cuyos principales objetivos son tanto la investigación, como la protección estricta de ecosistemas relevantes. Varias categorías jurídicas no han sido utilizadas, o no se les ha otorgado importancia: Territorio Fáunico, Reserva de Caza, y Coto de Caza; otras no cuentan con una definición ni reglamentación para su uso: Parque Natural Regional y Distrito Integrado de Recursos Hidrobiológicos, razones por las cuales se interpretan de manera diferente.

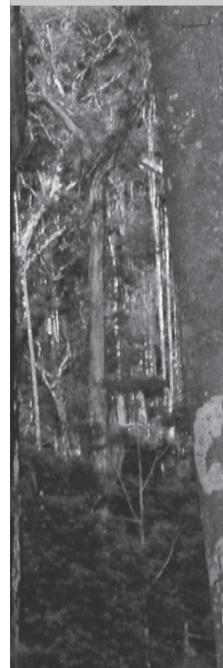


Tabla A5.27 Categorías de manejo propuestas para las áreas protegidas del SINAP

Objetivos específicos de conservación	Público			Privado	Público comunitario	Privado comunitario
	Nacional	Regional	Local	Local	Local/Reg. comunidades indígenas	Local/ Reg. comunidades negras
1) Mantener en su estado natural espacios que representen los ecosistemas del país o combinaciones características de ellos	Parque Nacional Natural	Parque Natural Regional	Parque Natural Municipal	Reserva ecológica de la sociedad civil	Reserva ecológica comunitaria	
2) Mantener el hábitat necesario para especies o conjuntos de especies silvestres con condiciones particulares de distribución y las adaptadas a ecosistemas transformados	Santuario de vida silvestre		Refugio de Vida Silvestre			
3) Conservar la capacidad productiva de ecosistemas naturales, seminaturales y la viabilidad de las poblaciones de especies silvestres terrestres y acuáticas (marinas o continentales), de manera que se garantice una oferta durable de estos recursos	Reserva de recursos de fauna y flora anejados			Reserva natural de la sociedad civil	Reserva comunitaria de recursos Naturales manejados	
4) Mantener las coberturas vegetales naturales y seminaturales y condiciones ambientales necesarias para regular la oferta hídrica, prevenir y controlar erosión y sedimentación, así como para garantizar la calidad del aire		Reserva natural de protección de aguas y suelos Reserva de uso múltiple para la protección de suelos y aguas				
5) Conservar áreas que contengan elementos o manifestaciones naturales de fauna, flora, agua, gea, que se constituyen en espacios únicos, raros o de atractivo escénico especial, debido a su significación científica, cultural o emblemática o que conlleven significados tradicionales especiales para las culturas del país	Área natural única					
6) Proveer espacios naturales o seminaturales aptos para el deleite, la recreación, la educación y el mejoramiento de la calidad ambiental			Parque ecológico recreativo			
7) Conservar espacios naturales que contengan elementos de cultura material de grupos étnicos, vestigios arqueológicos y sitios de valor histórico.						

Fuente: UAESPNN, 2008.

ANEXO 5.3 LA INDUSTRIA DEL SECTOR FORESTAL EN COLOMBIA

Los aspectos más relevantes se presentan a continuación.

5.3.1 La madera en rollo industrial

Si se consideran los reportes de importaciones y exportaciones de madera en rollo en Colombia, se observa que el comercio exterior de esta clase de madera es muy bajo, es decir, no se realizan importaciones y las exportaciones son marginales (OIMT, 2006). Bajo esta perspectiva y considerando el potencial forestal del país, sería procedente potenciar la producción de madera en rollo con miras a suplir el mercado interno, además de identificar posibles mercados internacionales.

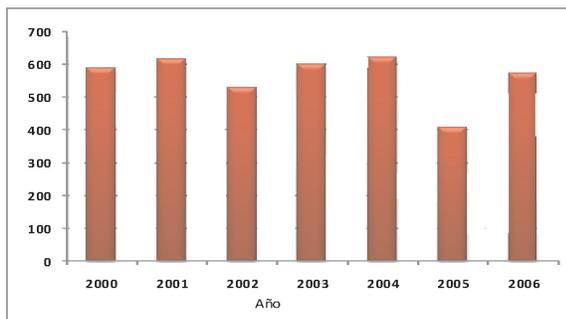
5.3.2 La industria del aserrío

Con los datos del periodo 2000 a 2006, Colombia produce un promedio anual de 561.571 m³ de madera aserrada, cifra que la ubica en el contexto mundial en un lugar subyacente si se tiene en cuenta la alta producción de países como Brasil, Venezuela, Perú o Ecuador, que en conjunto en el mismo periodo produjeron alrededor de 26 millones de m³ de madera aserrada. Véanse las Figura A5.5 y A5.6.

En el mismo sentido, según los registros de la OIMT (2006), se encuentra para el periodo 2000 a 2006, un consumo interno promedio aparente de madera aserrada de 560.420 m³.

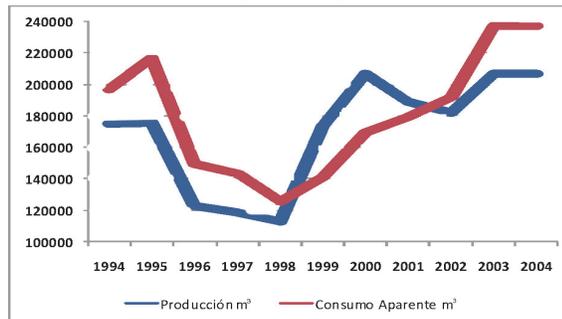
De otra parte, se tiene entendido que en Colombia la industria del aserrío se ha reducido significativamente, persistiendo únicamente las medianas y pequeñas empresas, entre otras razones por la escasez y altos costos de la materia prima, dificultad en la renovación tecnológica y las importaciones que sustituyen la producción nacional.

Figura A5.5. Producción de madera aserrada en Colombia (miles de m³)



Fuente: Los autores, 2008. Con base en datos de la OIMT, Reseña anual y evaluación de la situación mundial de las maderas 2006

Figura A5.6 Producción de tableros de madera en m³ (2000-2004)



Fuente: Los autores, 2008. Con base en información del Observatorio de Agrocadenas (MADR, 2005b).

5.3.3 La industria del mueble de madera

Esta industria agrupa la producción de hojas de chapa, madera terciada o tablero contrachapado, tableros de partículas (incluyendo hojuelas, wafer, y astillas orientadas –OSB–), tableros de fibra prensados duros o de densidad media (MDF), tablero de fibra no prensado o tablero aislante. De acuerdo con la información del Observatorio de Agrocadenas¹², en Colombia la producción promedio de tableros de madera, para el periodo 2000 a 2004, está en el orden de los 198.460 m³.

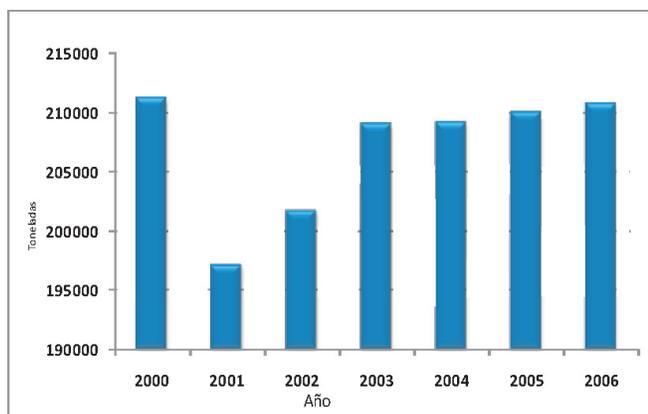
La industria de la pulpa de madera

Su abastecimiento se centra en la utilización de pulpa de madera (90% de fibra corta producida en el país), bagazo de caña y desperdicios de papel, por lo tanto, su análisis puede efectuarse en dos sentidos: 1) primario, cuando utiliza materias primas provenientes directamente del aprovechamiento de bosques naturales, y 2) secundario, cuando utiliza los productos provenientes de la industria del aserrío.

La producción de pulpa de madera proveniente de bosques naturales ha perdido competitividad frente a la pulpa proveniente de las plantaciones, debido en parte a los altos costos de aprovechamiento y a la disminución del recurso utilizable y de especies deseables. En este sentido, se destaca el esfuerzo realizado por ampliar el número de reforestaciones de coníferas para surtir el mercado de fibra larga nacional. Esta industria se caracteriza por una alta elasticidad de la demanda por papeles y cartones frente al crecimiento de la actividad económica¹³.

La producción de pulpa para la elaboración de papel en Colombia ha tenido un comportamiento estable en los últimos años. En el año 2000, se registró la mayor cantidad de producción de pasta de madera, 211.212 toneladas, contra el año 2001 que presentó una reducción de aproximadamente 14 mil toneladas con respecto al año anterior. Los años 2003 y 2004 mantuvieron una producción estable con un leve incremento para el 2005 y 2006. Véase la Figura A5.7.

Figura A5.7. Producción de pulpa para la elaboración de papel, años 2000 a 2006. (t)



Fuente: ANDI. Cámara de la Industria de Papel y Cartón

5.3.4 La industria del mueble de madera

Esta industria se clasifica dentro del sector manufacturero en las actividades económicas; para su producción se abastece de maderas aserradas, chapados, contrachapados y paneles, principalmente. Presenta como característica la atomización de las industrias en el país y, en consecuencia, pierde

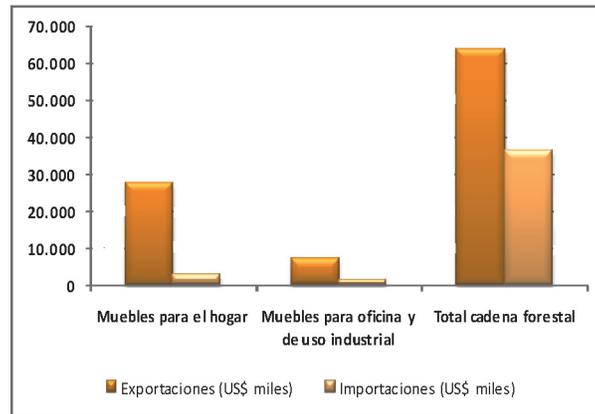
¹² Bancoldex, 2004. (http://www.bancoldex.com/pdf/indicadores_productosmadera_octubre2004.pdf) Con base en datos del DANE

¹³ Smurfit Cartón de Colombia produce el 100% de la pulpa de madera de fibra corta de desperdicios de madera proveniente de aserríos del Pacífico y de plantaciones de Eucalyptus de diferentes regiones del país y 71% de la pulpa de fibra larga de maderas provenientes de bosques plantados (MMA-Tecniforest, 1999). La empresa Papelsa S.A. produce el 29% de la pulpa de fibra larga con base en maderas de bosques plantados de coníferas.

competitividad ante industrias sustitutas, como las de muebles de plástico y de metal. Datos del MADR (2005b) señalan que en Colombia el subsector lo conforman pequeños talleres de menos de cinco empleados de carácter semi-industrial o artesanal y siete empresas grandes con entre 350 y 500 empleados cada una. La misma fuente señala que los principales centros de producción de muebles se ubican en Bogotá, Medellín, Cali, Popayán, Pasto, Barranquilla y Buenaventura, ciudades que no coinciden con las zonas productoras de madera rolliza o aserrada, sino con la demanda de la misma.

En relación con el comercio exterior en el periodo 2001 a 2003, el sector mueble de madera presentó la mayor participación (43,3%) dentro de todos los productos de la cadena forestal, siendo más altas las exportaciones. Véase la Figura A5.8.

Figura A5.8. Participación de la industria del mueble de madera en el comercio exterior de la cadena forestal

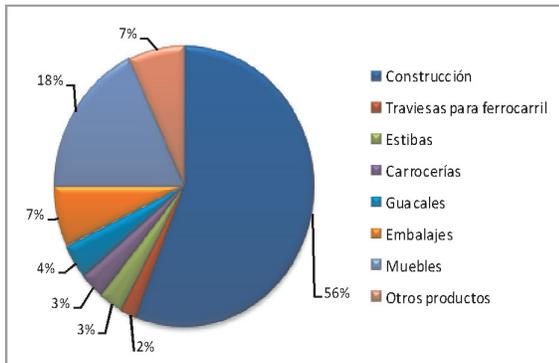


Fuente: IDEAM, 2008. (Der.) Con base en el DNP, 2004. Cadenas productivas estructura, comercio internacional y protección. (<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/DDE/Maderas.pdf>)

5.3.5 La industria de madera para construcción

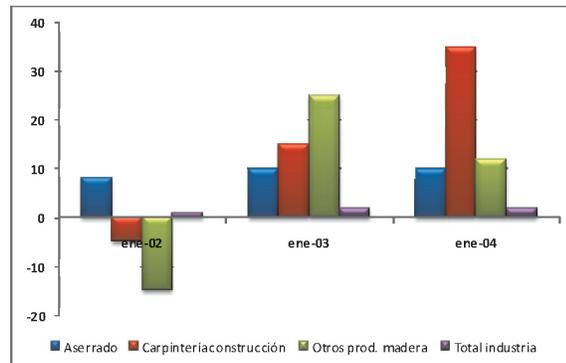
Son pocos los estudios relacionados con su caracterización dentro del sector forestal, sin embargo, considerando que dentro de los usos de la madera aserrada el sector de la construcción representa el de mayor demanda, su estudio se constituye en pilar fundamental para analizar el comportamiento del sector forestal. En la Figura A5.9 se presenta la participación porcentual de los usos de la madera.

Figura A5.9. Usos de la madera aserrada en Colombia



Fuente: (Izq.) Conif-Cormagdalena. Tecniforest Ltda., 2000.

Figura A5.10. Productos de madera. Crecimiento real de la producción (Variación. % anual)



Fuente: (Der) Bancoldex, 2004. (http://www.bancoldex.com/pdf/indicadores_productosmadera_octubre2004.pdf) Con base en datos del DAN

Si bien el sector de la construcción es relevante para la economía colombiana, aun cuando a comienzos del periodo 2000 a 2003 experimentó una fuerte crisis entre 2004 y 2005 se reactiva alcanzando un crecimiento significativo que redundará en la reactivación de la demanda de productos de carpintería para producción y, por ende, en el buen comportamiento sectorial de esta industria. Véase la variación porcentual en la Figura A5.10.

Para el periodo comprendido entre los años 2000 y 2006, la contribución de la silvicultura y de la extracción de madera al PIB agropecuario representó en promedio el 1,24 % mientras que dentro del PIB nacional su contribución fue de 0,16%; véase la Tabla A5.28. Aunque la participación en el total nacional es reducida, se aprecia que desde el año 2001 el sector presenta un crecimiento constante que, de acuerdo con Bancoldex¹⁴, se atribuye al repunte que desde el 2004 muestra el sector de la construcción y, por ende, la demanda de productos que éste hace de la producción forestal. Véase la Figura A5.10.

Tabla A5.28 Participación del sector silvícola en el PIB sin ilícitos, a precios constantes de 1994 (Millones de pesos)

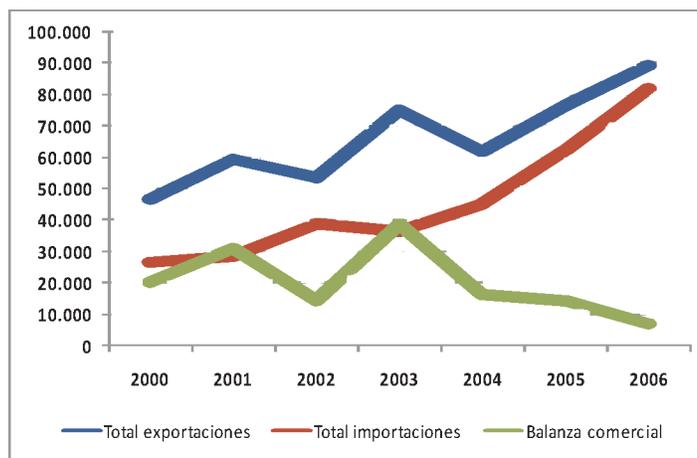
Variable	2000	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*
PIB total	73.280.585	74.496.712	76.179.449	79.236.765	83.163.646	87.103.863	93.157.323
PIB agropecuario con café	9.641.821	9.724.772	9.961.599	10.344.150	10.604.023	10.797.836	11.118.994
Productos de silvicultura y extracción de madera	128.226	125.194	125.829	126.610	128.510	129.195	130.814
% de participación del sector respecto al PIB nacional	0,17	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14
% de participación del sector silvicultura respecto al PIB agropecuario	1,33	1,29	1,26	1,22	1,21	1,20	1,18

Fuente: IDEAM, 2008, con base en las estadísticas del DANE. * Cifras provisionales.

De acuerdo con los registros del DNP en su documento de análisis de la cadena productiva, madera y muebles de madera, para el periodo 2001 y 2003, este sector presentó una balanza comercial positiva al registrar exportaciones por US\$ 63.818.791 e importaciones por US\$ 36.545.353. Véase la Figura A5.11.

De los registros de exportación, el mayor rubro corresponde a muebles para el hogar (43,3%), seguido de tableros aglomerados (15,1%), muebles para oficina y de uso industrial (11,1%) y artículos diversos (6,7%), (DNP, 2004).

Figura A5.11 Balanza comercial en el sector forestal en US\$, años 2000-2006



Fuente: IDEAM, 2008 con base en MADR, 2005b. Información de agrocadenas

14 Bancoldex, 2004. (http://www.bancoldex.com/pdf/indicadores_productosmadera_octubre2004.pdf) Con base en datos del DANE