

# **CAPÍTULO 4**

---

## **TIERRAS FORESTALES**

## **Autores**

Harald Aalde (Noruega), Patrick Gonzalez (Estados Unidos), Michael Gytarsky (Federación Rusa), Thelma Krug (Brasil), Werner A. Kurz (Canadá), Stephen Ogle (Estados Unidos), John Raison (Australia), Dieter Schoene (FAO) y N.H. Ravindranath (India)

Nagmeldin G. Elhassan (Sudán), Linda S. Heath (Estados Unidos), Niro Higuchi (Brasil), Samuel Kainja (Malawi), Mitsuo Matsumoto (Japón), María José Sanz Sánchez (España) y Zoltan Somogyi (Comisión Europea/Hungría)

## **Autores colaboradores**

Jim B. Carle (FAO) e Indu K. Murthy (India)

## Índice

4	Tierras forestales	
4.1	Introducción.....	4.7
4.2	Tierras forestales que permanecen como tales.....	4.12
4.2.1	Biomasa.....	4.12
4.2.1.1	Elección del método.....	4.12
4.2.1.2	Elección de los factores de emisión.....	4.16
4.2.1.3	Elección de los datos de la actividad.....	4.18
4.2.1.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1.....	4.20
4.2.1.5	Evaluación de incertidumbre.....	4.22
4.2.2	Materia orgánica muerta.....	4.23
4.2.2.1	Elección del método.....	4.24
4.2.2.2	Elección de los factores de emisión/absorción.....	4.24
4.2.2.3	Elección de los datos de la actividad.....	4.25
4.2.2.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1.....	4.26
4.2.2.5	Evaluación de incertidumbre.....	4.26
4.2.3	Carbono del suelo.....	4.26
4.2.3.1	Elección del método.....	4.27
4.2.3.2	Elección de los factores de cambio de existencias y de emisión.....	4.29
4.2.3.3	Elección de los datos de la actividad.....	4.30
4.2.3.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1.....	4.31
4.2.3.5	Evaluación de incertidumbre.....	4.31
4.2.4	Emisiones de gases de efecto invernadero no CO <sub>2</sub> a partir del quemado de biomasa	4.32
4.2.4.1	Elección del método.....	4.33
4.2.4.2	Elección de los factores de emisión.....	4.33
4.2.4.3	Elección de los datos de la actividad.....	4.33
4.2.4.4	Evaluación de incertidumbre.....	4.34
4.3	Tierras convertidas en tierras forestales.....	4.34
4.3.1	Biomasa.....	4.35
4.3.1.1	Elección del método.....	4.35
4.3.1.2	Elección de los factores de emisión.....	4.37
4.3.1.3	Elección de los datos de la actividad.....	4.38
4.3.1.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1.....	4.40
4.3.1.5	Evaluación de incertidumbre.....	4.43
4.3.2	Materia orgánica muerta.....	4.43
4.3.2.1	Elección del método.....	4.44
4.3.2.2	Elección de los factores de emisión/absorción.....	4.45
4.3.2.3	Elección de los datos de la actividad.....	4.45

4.3.2.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1 .....	4.45
4.3.2.5	Evaluación de incertidumbre .....	4.46
4.3.3	Carbono del suelo .....	4.46
4.3.3.1	Elección del método .....	4.47
4.3.3.2	Elección de los factores de cambio de existencias y de emisión .....	4.48
4.3.3.3	Elección de los datos de la actividad .....	4.49
4.3.3.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1 .....	4.49
4.3.3.5	Evaluación de incertidumbre .....	4.50
4.3.4	Emisiones de gases no CO <sub>2</sub> a partir del quemado de biomasa .....	4.50
4.4	Exhaustividad, series temporales GC/CC y generación de informes y documentación .....	4.51
4.4.1	Exhaustividad .....	4.51
4.4.2	Desarrollo de una serie temporal coherente .....	4.51
4.4.3	Garantía de calidad y control de calidad .....	4.52
4.4.4	Generación de informes y documentación .....	4.53
4.5	Cuadros .....	4.55
Anexo 4A.1	Glosario de tierras forestales .....	4.81
Referencias	.....	4.89

## Figuras

Figura 4.1	Zonas ecológicas del mundo, sobre la base de pautas climáticas y de vegetación observadas (FAO, 2001).....	4.10
Figura 4.2	Cubierta forestal y terrestre a nivel mundial en 1995. ....	4.11

## Cuadros

Cuadro 4.1	Dominios climáticos (FAO, 2001), regiones climáticas (Capítulo 3) y zonas ecológicas (FAO, 2001).....	4.55
Cuadro 4.2	Clases de bosques y coberturas de la tierra.....	4.56
Cuadro 4.3	Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea.....	4.57
Cuadro 4.4	Relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R).....	4.58
Cuadro 4.5	Factores de conversión y expansión de biomasa por defecto (BCEF), ton biomasa (m <sup>3</sup> de madera)-1.....	4.59
Cuadro 4.6	Factores de emisión para suelos orgánicos drenados en bosques gestionados.....	4.62
Cuadro 4.7	Biomasa aérea de los bosques.....	4.62
Cuadro 4.8	Biomasa aérea de las plantaciones forestales.....	4.63
Cuadro 4.9	Crecimiento neto de la biomasa aérea en bosques naturales.....	4.66
Cuadro 4.10	Crecimiento neto de la biomasa aérea en plantaciones forestales tropicales y subtropicales...	4.68
Cuadro 4.11B	Incremento anual medio (crecimiento del volumen venable) de algunas especies de plantaciones forestales.....	4.71
Cuadro 4.13	Densidad básica de la madera (D) de especies de árboles tropicales (ton secado en horno (humedad m-3)).....	4.73
Cuadro 4.14	Densidad básica de la madera (D) de ciertos taxa de árboles de zonas templadas y boreales...	4.80

## Recuadros

Recuadro 4.1	Niveles de detalle.....	4.9
Recuadro 4.2	Factores de conversión y expansión de biomasa para determinar la biomasa y el carbono en bosques.....	4.15
Recuadro 4.3	ejemplos de un método que constituye una buena práctica para la identificación de tierras convertidas en tierras forestales.....	4.40

## 4 TIERRAS FORESTALES

### 4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se proporcionan métodos para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero debidas a cambios en la biomasa, en la materia orgánica muerta y en el carbono orgánico del suelo en Tierras forestales y en *Tierras convertidas en tierras forestales*. Se elaboró sobre la base de las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (*Directrices del IPCC de 1996*) y de la (*GPG-LULUCF*). Este capítulo:

- se refiere a la totalidad de los cinco depósitos de carbono identificados en el Capítulo 1 y a las transferencias de carbono entre los distintos depósitos dentro de las mismas superficies de tierra;
- incluye los cambios en las existencias de carbono en bosques gestionados, debidos a las actividades humanas, tales como el establecimiento y la cosecha de plantaciones, la tala comercial, la recogida de madera combustible y otras prácticas de gestión, además de las pérdidas naturales provocadas por incendios, tormentas de viento, insectos, enfermedades y otras perturbaciones.
- presenta métodos simples (de Nivel 1) y valores por defecto, así como enfoques de esquemas para métodos de nivel superior para la estimación de los cambios en las existencias de carbono;
- presenta métodos para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero no CO<sub>2</sub> producidas por el quemado de biomasa (las demás emisiones de no CO<sub>2</sub>, como las de N<sub>2</sub>O de los suelos, se presentan en el Capítulo 11);
- se deberá usar conjuntamente con la descripción genérica de los métodos y las ecuaciones del Capítulo 2, así como con los métodos para la obtención de datos coherentes que se describe en el Capítulo 3.

Las *Directrices* suministran métodos para estimar y declarar fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero solamente para bosques gestionados, según se los define en el Capítulo 1. Los países deben aplicar coherentemente las definiciones nacionales de bosques gestionados a través del tiempo. Las definiciones nacionales deben cubrir todas los bosques sujetos a intervención humana, incluida toda la gama de prácticas de gestión: desde la protección de los bosques, la realización de plantaciones, la promoción de la regeneración natural, la producción comercial de madera, la extracción no-comercial de madera combustible y el abandono de las tierras gestionadas.

Este capítulo no incluye los productos de madera recolectada (PMR) de los que trata el Capítulo 12 de este Volumen.

Las Tierras forestales gestionadas se clasifican en dos subcategorías y la orientación y las metodologías se presentan por separado en dos secciones:

- Sección 4.2 Tierras forestales que permanecen como tales
- Sección 4.3 Tierras convertidas en tierras forestales

La Sección 4.2 se refiere a la metodología que se aplica a tierras que han sido Tierras forestales durante un lapso mayor que el de transición necesario para alcanzar nuevos niveles de carbono en el suelo (por defecto, 20 años). La Sección 4.3 se aplica a tierras convertidas en Tierras forestales durante el transcurso del período de transición. El intervalo de 20 años se toma como la duración por defecto del período de transición para los cambios en las existencias de carbono que siguen a un cambio en el uso de la tierra. Es una *buena práctica* diferenciar las tierras forestales nacionales según las dos categorías señaladas. La duración real del período de transición depende de las circunstancias naturales y ecológicas de un país o una región en particular y puede no ser de 20 años.

Los bosques no gestionados que se ponen bajo gestión se consideran en el inventario y se deben incluir en las *Tierras convertidas en tierras forestales*. Los bosques no gestionados que se convierten a otros usos de la tierra se consideran en el inventario bajo las categorías de uso de la tierra que les corresponde después de la conversión con el período de transición adecuado para la nueva categoría de uso de la tierra.

Si no se dispone de datos respecto a la conversión de la tierra y al período de transición, se supone, por defecto, que toda la tierra con bosques gestionados pertenece a la categoría *Tierras forestales que permanecen como tales* y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) se estiman según la orientación que se presenta en la Sección 4.2.

### **Depósitos de carbono y gases no CO<sub>2</sub> de interés**

A continuación, se detallan los depósitos de carbono y los gases no CO<sub>2</sub> de interés para los que se proporcionan métodos:

- Biomasa (biomasa aérea y subterránea)
- Materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca)
- Materia orgánica del suelo
- Gases no CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>)

La selección de los depósitos de carbono y de los gases no CO<sub>2</sub> a estimar depende de la importancia del depósito y del nivel seleccionado para cada una de las categorías de uso de la tierra.

### **Clasificación del uso de la tierra en bosques**

Las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero por hectárea varían según ciertos factores del sitio, los tipos de bosques o plantaciones, las etapas de desarrollo de la arboleda y las prácticas de manejo. Constituye una *buena práctica* estratificar las tierras forestales en varias subcategorías a fin de reducir la variación en el índice de crecimiento y en otros parámetros, y para reducir la incertidumbre (Recuadro 4.1). Por defecto, en estas *Directrices* se usan las clasificaciones más recientes de zonas ecológicas (véanse el Cuadro 4.1 de la Sección 4.5 y la Figura 4.1 de este capítulo) y de la cubierta forestal (véanse el Cuadro 4.2 de la Sección 4.5 y la Figura 4.2 de este Capítulo), desarrolladas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2001). De estar disponible y ser adecuada, los expertos locales deben utilizar clasificaciones más detalladas para sus países, dados los demás requisitos de información.

**RECUADRO 4.1**  
**NIVELES DE DETALLE**

La estratificación de los tipos de bosques en subcategorías homogéneas y, de ser posible, a nivel regional o subregional dentro de cada país, reduce la incertidumbre en las estimaciones de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero. Para mayor simplicidad y claridad, en este capítulo se analiza la estimación de emisiones y absorciones a nivel nacional y para un número relativamente pequeño de subcategorías de tierras forestales. Este nivel de detalle está diseñado para que coincida con las fuentes de que se dispone en cuanto a datos de entrada por defecto, contenidos de carbono y otras hipótesis. No obstante, es importante que los usuarios de estas Directrices comprendan que se los alienta a que -de ser posible- realicen los cálculos del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel de detalle más pormenorizado. Muchos países cuentan con información más detallada disponible respecto a bosques y a cambios de uso de la tierra que la utilizada para elaborar los valores por defecto que se presentan en este Capítulo. Estos datos se deben utilizar, si son adecuados, por las siguientes razones:

**1. Detalles geográficos de nivel regional y no de nivel nacional**

Los expertos pueden llegar a la conclusión de que son necesarias estimaciones de gases de efecto invernadero para diversas regiones del país para poder considerar las importantes variaciones geográficas de los tipos de ecosistemas, densidades de biomasa, fracciones de biomasa desmontada que se queman, etc.

**2. Detalles más pormenorizados por subcategoría**

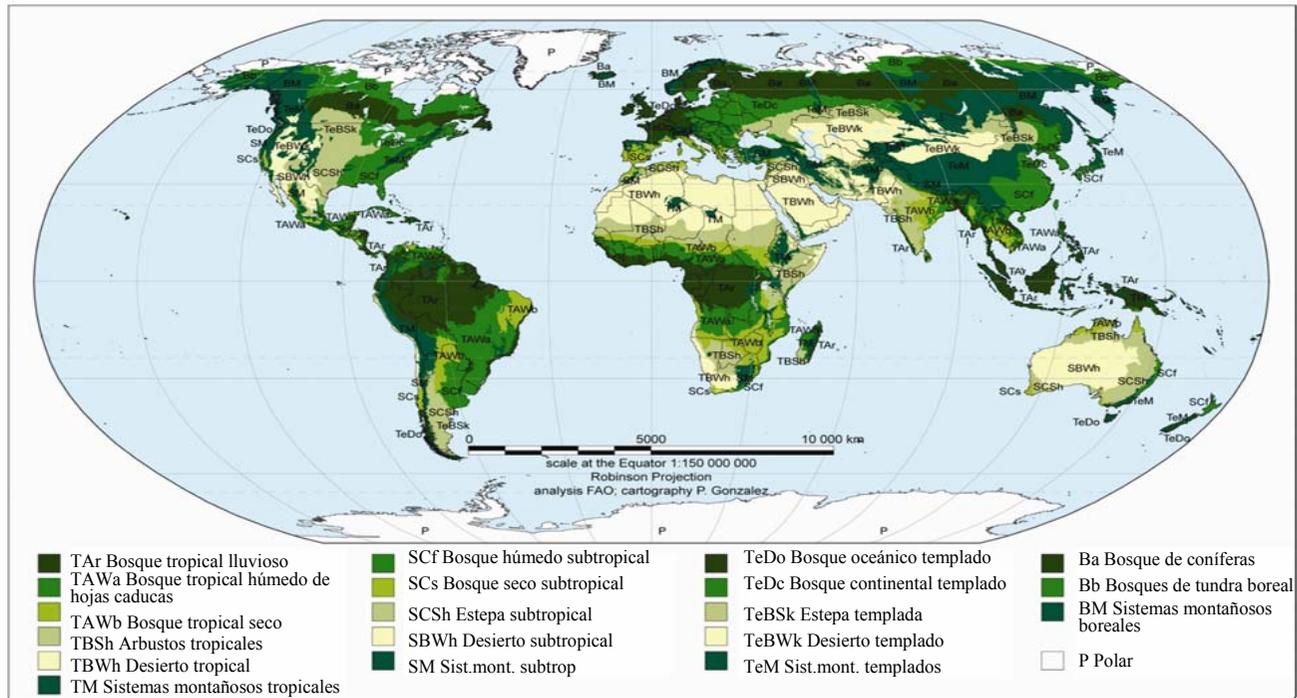
Los expertos pueden subdividir las categorías y subcategorías de uso de la tierra recomendadas, a fin de reflejar diferencias importantes en cuanto a clima, ecología o especies, tipos de bosques, prácticas de uso de la tierra o de forestación, pautas de la recolección de madera combustible, etc.

En todos los casos, trabajar con niveles más pormenorizados de desagregación no modifica la naturaleza básica del método de estimaciones, aunque, por lo general, se va a hacer necesario contar con datos e hipótesis adicionales, más allá de los provistos por defecto en este capítulo. Una vez estimadas las emisiones de gases de efecto invernadero, utilizando el nivel de detalle más apropiado que determinen los expertos nacionales, los resultados deben agregarse a nivel nacional y a las categorías estándar requeridas en estas *Directrices*. Esto va a permitir que los resultados de los distintos países participantes puedan compararse. Generalmente, los datos y las hipótesis utilizadas para los niveles más pormenorizados de detalle también deberán declararse para así garantizar la transparencia y la repetibilidad de los métodos.

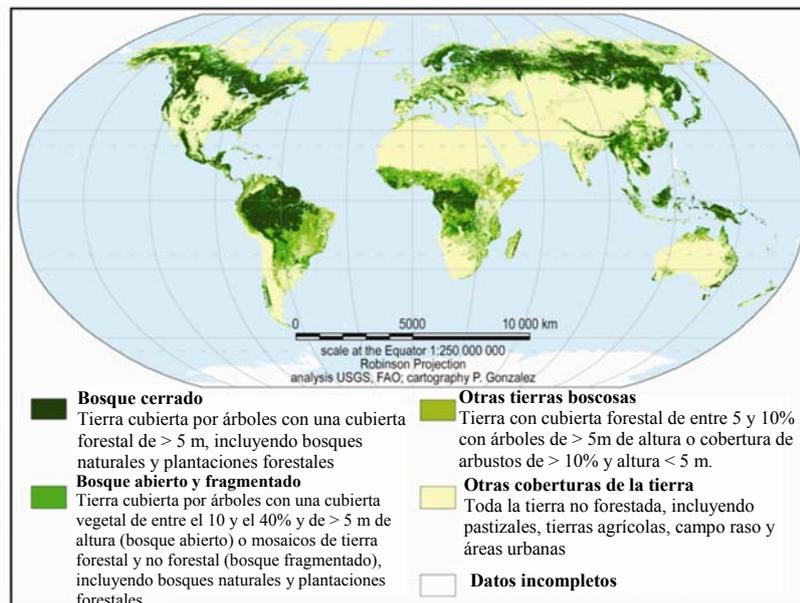
## Terminología

La terminología que se emplee en los métodos para estimar las existencias y los cambios de la biomasa debe ser coherente con la terminología y las definiciones que utiliza la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). La FAO es la principal fuente de datos de la actividad y de factores de emisión para las categorías forestal y de otros usos de la tierra en los cálculos de Nivel 1. A continuación se citan algunos ejemplos de la terminología de la FAO: crecimiento de la biomasa, incremento medio anual, pérdida de biomasa, y recogida de madera. El Glosario que se presenta en el Anexo 4A.1 incluye las definiciones de estos términos.

**Figura 4.1 Zonas ecológicas del mundo, sobre la base de pautas climáticas y de vegetación observadas (FAO, 2001). Datos sobre sistemas de información geográfica disponible en <http://www.fao.org>.**



**Figura 4.2** Cubierta forestal y terrestre a nivel mundial en 1995. La resolución espacial original de los datos forestales es de 1 km<sup>2</sup> (análisis del Sondeo Geológico de los EE.UU. (Loveland *et al.*, 2000) y FAO (2001)). Datos sobre sistemas de información geográfica disponible en <http://edc.usgs.gov>



## 4.2 TIERRAS FORESTALES QUE PERMANECEN COMO TALES

Esta sección se refiere a bosques gestionados que han permanecido como tierras forestales durante más de 20 años (por defecto) o durante lapsos más prolongados que el período de transición específico del país. El inventario de gases de efecto invernadero para las *Tierras forestales que permanecen como tales* (FF, del inglés *Forest Forest*) implica la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (es decir, biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo), así como las emisiones de gases no CO<sub>2</sub>. Los métodos para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en tierras convertidas a tierras forestales durante los últimos 20 años (p. ej. de Tierras de cultivo y Pastizales) se presentan en la Sección 4.3. El conjunto de ecuaciones generales que se utilizan para estimar los cambios anuales de las existencias de carbono en tierras forestales se encuentran en el Capítulo 2.

### 4.2.1 Biomasa

En esta sección se presentan los métodos para estimar las ganancias y las pérdidas en la biomasa. Las ganancias incluyen el total del crecimiento de la biomasa (aérea y subterránea). Las pérdidas son por recogida/cosecha de rollizos, recogida/cosecha/recolección de madera combustible, y pérdidas por perturbaciones provocadas por incendios, insectos, enfermedades, etc. Cuando se producen tales pérdidas, también se reduce la biomasa subterránea y se transforma en materia orgánica muerta (DOM).

#### 4.2.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

En el Capítulo 2 se describen dos métodos, a saber, el *Método de pérdidas y ganancias* que se basa en estimaciones del cambio anual en la biomasa a partir de estimaciones de la pérdida y la ganancia de biomasa (Ecuación 2.7) y un *Método de diferencia de existencias*, por el que se estima la diferencia en la existencia total de carbono en la biomasa en los momentos  $t_2$  y  $t_1$  (Ecuación 2.8).

El método de pérdida y ganancia de biomasa se puede aplicar en todos los niveles, aunque el método de diferencia de existencias es más apropiado para los Niveles 2 y 3. Esto se debe, en general, a que el método de diferencia de existencias ofrece estimaciones más fiables para incrementos o reducciones de biomasa relativamente grandes o en los casos en que se llevan a cabo inventarios forestales muy exactos. Para las zonas en las que hay mezcla de arboledas de diferentes tipos de bosques, y/o donde el cambio de la biomasa es muy pequeño comparado con la cantidad total de biomasa, el error de inventario cuando se aplica el método de diferencia de existencias puede ser mayor que el cambio que se esperaba. A menos que los inventarios periódicos ofrezcan estimaciones de existencias de materia orgánica muerta, además de las existencias en crecimiento, se debe tener presente que igual va a ser necesario contar con datos adicionales sobre mortalidad y pérdidas para estimar la transferencia a materia orgánica muerta, productos de madera recolectada y emisiones provocadas por perturbaciones. Los subsiguientes inventarios deben permitir también una cobertura idéntica de superficie a fin de obtener resultados fiables cuando se aplica el método de diferencia de existencias. Por lo tanto, la elección de utilizar el método de pérdidas y ganancias o el de diferencia de existencias al nivel apropiado será cuestión de dictamen de expertos, teniendo en cuenta los sistemas nacionales de inventario, la disponibilidad de datos y de información de sondeos ecológicos, las pautas de propiedad forestal y los datos de la actividad, los factores de conversión y de expansión, así como el análisis de costo-beneficio.

Se debe usar el árbol de decisiones que se presenta en la Figura 1.2 del Capítulo 1 como orientación para la elección entre los Niveles. Esto estimula el uso eficiente de los recursos disponibles, teniendo en cuenta si la biomasa de esta categoría constituye un depósito de carbono significativo o una categoría principal, según lo descrito en el Volumen 1, Capítulo 4.

#### **Método de Nivel 1 (Método de pérdidas y ganancias de biomasa)**

Es posible aplicar el Nivel 1 incluso cuando no se dispone de estimaciones de datos de la actividad ni de factores de emisión/absorción específicos del país, y resulta eficaz cuando los cambios del depósito de carbono en la biomasa de *Tierras forestales que permanecen como tales* son relativamente menores. El método requiere que la pérdida de carbono de la biomasa se reste de la ganancia de carbono de ésta (Ecuación 2.7). El cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa puede estimarse aplicando el método de pérdidas y ganancias, por el que se estima el incremento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa y la reducción anual de las existencias de carbono debida a las pérdidas de biomasa.

- El incremento anual de las existencias de carbono de la biomasa se estima aplicando la Ecuación 2.9, en la que la superficie de cada subcategoría forestal se multiplica por el incremento anual medio, en toneladas, de materia seca por hectárea por año.
- Dado que, habitualmente, el crecimiento de la biomasa se considera en términos de volumen venable de la biomasa aérea, se estima la biomasa subterránea mediante una relación biomasa subterránea/biomasa aérea (Ecuación 2.10). Como alternativa, el volumen venable ( $m^3$ ) puede convertirse directamente al total de biomasa usando los factores de conversión y expansión de biomasa ( $BCEF_1$ ), (Ecuación 2.10).
- Si no se dispone de los valores del  $BCEF_1$  y si el factor de expansión de la biomasa (BEF) y los valores de densidad básica de la madera (D) se estiman individualmente, entonces, se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_1 = BEF_1 \bullet D$$

Los Factores de expansión de biomasa ( $BEF_R$ ) expanden el volumen venable a volumen total de biomasa aérea para justificar los componentes no venables del árbol, la arboleda y el bosque. El  $BEF_1$  no tiene dimensión.

- Los valores promedio de biomasa aérea de las áreas forestales afectadas por perturbaciones se presentan en los Cuadros 4.7 y 4.8; los valores de crecimiento promedio anual de la biomasa aérea se proporcionan en los Cuadros 4.9, 4.10 y 4.12, los valores del incremento anual del volumen neto se encuentran en los Cuadros 4.11A y 4.11B; la densidad de la madera puede verse en los Cuadros 4.13 y 4.14; y las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea (R) se presentan en el Cuadro 4.4. Véase el Recuadro 4.2 para conocer una explicación detallada sobre cómo convertir y expandir a biomasa los volúmenes de existencias en crecimiento, incrementos y recogidas de madera.
- En algunos ecosistemas, la densidad básica de la madera (D) puede repercutir sobre las pautas espaciales de la biomasa forestal (Baker *et al.* 2004b). Los usuarios del Nivel 1 que no cuenten con mediciones de la densidad de la madera al nivel de sustratos necesario pueden estimar la densidad de la madera por la proporción de la biomasa forestal total aportada por las 2 o 3 especies dominantes y utilizando valores de densidad de la madera específicos de las especies (Cuadros 4.13 y 4.14) para calcular un valor de densidad de la madera promedio ponderado.
- La pérdida anual de biomasa o la reducción en las existencias de carbono de la biomasa se estiman utilizando la Ecuación 2.11, que requiere que se estimen la pérdida de anual de carbono debida a recogida de madera (Ecuación 2.12), la recogida de madera combustible (Ecuación 2.13) y las perturbaciones (Ecuación 2.14). La transferencia de biomasa a materia orgánica muerta se estima empleando la Ecuación 2.20, sobre la base de estimaciones de la pérdida anual de carbono de la biomasa debida a mortalidad (Ecuación 2.21), transferencia anual de carbono a broza (Ecuación 2.22).
- Las estimaciones de biomasa se convierten a valores de carbono utilizando la fracción de carbono de la materia seca (Cuadro 4.3).

Cuando las existencias en la biomasa o su cambio de categoría (o de subcategoría) son significativos o constituyen una categoría principal, es una *buena práctica* seleccionar una metodología de nivel superior para la estimación. La elección del método de Nivel 2 o 3 depende de los tipos y la exactitud de los datos de los modelos disponibles, del nivel de desagregación espacial de los datos de la actividad y de las circunstancias nacionales.

Si utiliza datos de la actividad recabados mediante el Método 1 (véase el Capítulo 3) y no es posible emplear datos complementarios para identificar la cantidad de tierra convertida *a* y *de* Tierras forestales, el compilador del inventario debe estimar las existencias de carbono en la biomasa de todas las tierras forestales usando el método de Nivel 1 descrito precedentemente para *Tierras forestales que permanecen como tales*.

## Nivel 2

El Nivel 2 se puede usar en países donde las estimaciones de datos de la actividad y los factores de emisión/absorción están disponibles o pueden recabarse a un costo razonable. A igual que el Nivel 1, en el Nivel 2 se utilizan las Ecuaciones 2.7 a 2.14 (a excepción de la Ecuación 2.8). Los valores de densidad de la madera específicos para cada especie (Cuadros 4.13 y 4.14) permiten realizar el cálculo de la biomasa a partir de datos de inventarios forestales de especies específicas. Es posible aplicar el método de diferencia de existencias (Ecuación 2.8) en el Nivel 2 cuando se dispone de los datos específicos del país.

## Nivel 3

El método de Nivel 3 para la estimación del cambio en las existencias de carbono de la biomasa permite la aplicación de toda una diversidad de métodos, incluidos los modelos basados en procesos. La aplicación puede diferir entre un país y otro debido a las diferencias en los métodos de inventario, las condiciones forestales y los

datos de la actividad. Por lo tanto, el uso de documentación transparente en cuanto a la validez y la exhaustividad de los datos, las hipótesis, las ecuaciones y los modelos es un aspecto crítico en el Nivel 3. Éste requiere el empleo de inventarios forestales nacionales detallados cuando se aplica el método de diferencia de existencias (Ecuación 2.8). Se los puede complementar mediante ecuaciones alométricas y modelos (por ejemplo, Chambers *et al.* (2001) y Baker *et al.* (2004a) para el Amazonas; Jenkins *et al.* (2004) y Kurz y Apps (2006) para América del Norte ; y Zianis *et al.* (2005) para Europa), calibrados para las circunstancias nacionales, lo que permite una estimación directa del crecimiento de la biomasa.

**RECUADRO 4.2**

**FACTORES DE CONVERSIÓN Y EXPANSIÓN DE BIOMASA PARA DETERMINAR LA BIOMASA Y EL CARBONO EN BOSQUES<sup>1</sup>**

Habitualmente, en los inventarios forestales y en los registros operativos se documentan las existencias en crecimiento, el incremento anual neto o las recogidas de madera en m<sup>3</sup> de volumen venal. Esto excluye a los componentes aéreos no venables, como las copas de los árboles, ramas, brotes, follaje, a veces cepas, y los componentes subterráneos (raíces).

Por otra parte, las evaluaciones de las existencias y los cambios de biomasa y carbono se centran en el total de la biomasa, el crecimiento de la biomasa y las recogidas de biomasa (cosecha), incluidos los componentes, no venales expresados en toneladas de peso en seco. Hay varios métodos que pueden utilizarse para derivar la biomasa forestal y sus cambios. La biomasa aérea y sus cambios pueden derivarse de dos maneras, a saber:

(i) directamente, midiendo los atributos de árboles muestra en el campo, tales como sus diámetros y alturas, y aplicando ecuaciones alométricas específicas para cada especie o cuadros de biomasa basados en tales ecuaciones una vez o periódicamente.

(ii) indirectamente, transformando los datos de volumen disponibles de los inventarios forestales, p. ej. volumen venable de existencias en crecimiento, incremento anual neto o recogidas de madera (Somogyi *et al.*, 2006).

Con este último método se puede lograr la transformación aplicando funciones de regresión de biomasa, las que, por lo general, expresan la biomasa de ciertas especies o grupos de especies (ton/ha) o su índice de cambio, directamente como función de la densidad de las existencias en crecimiento (m<sup>3</sup>/ha) y de la edad, las ecorregiones u otras variables (Pan *et al.*, 2004).

En lugar de estas funciones de regresión de la biomasa, es más común que se aplique un factor de transformación único y discreto al volumen venable a fin de derivar la biomasa aérea y sus cambios.

(i) Los factores de expansión de biomasa (BEF) expanden el peso en seco<sup>2</sup> del volumen venable de existencias en crecimiento, incremento anual neto y recogidas de madera, para justificar los componentes no venables del árbol, la arboleda y el bosque. Antes de aplicar dichos BEF, el volumen venable (m<sup>3</sup>) debe convertirse a peso en seco (ton), multiplicando por un factor de conversión conocido como densidad básica de la madera (D) en (t/m<sup>3</sup>). Los BEF no tienen dimensión, dado que convierten entre unidades de peso.

Este método brinda los mejores resultados cuando los BEF se han determinado realmente sobre la base de pesos en seco y cuando se conocen bien cuáles son las densidades básicas de la madera aplicables localmente.

(ii) Factores de conversión y expansión (BCEF, del inglés *biomass conversion and expansion factors*) combinan conversión y expansión. Tienen como dimensión (t/m<sup>3</sup>) y transforman mediante una única multiplicación existencias en crecimiento, incremento anual neto y recogidas de madera (m<sup>3</sup>) directamente en biomasa aérea, crecimiento de la biomasa aérea o recogidas de biomasa (t).

Los BCEF son más apropiados. Se los puede aplicar directamente a datos de inventarios forestales basados en volumen y a registros operativos, sin tener que recurrir a densidades básicas de madera (D). Dan mejores resultados cuando se los ha derivado localmente y cuando se basan directamente en el volumen venal.

Matemáticamente, los BCEF y BEF se relacionan mediante:

$$\text{BCEF} = \text{BEF} \bullet \text{D}$$

<sup>1</sup> Véanse las definiciones de los términos en el glosario (Anexo 4A.1).

<sup>2</sup> Si bien estos factores de transformación se aplican de manera discreta, también se los puede expresar y describir como funciones continuas de la crecientedensidad, antigüedad u otras variables de las existencias.

<sup>2</sup> En ciertas aplicaciones, los factores de expansión de biomasa expanden el peso en seco de los componentes venables a la biomasa total, incluidas las raíces, o amplían el volumen venable al volumen de biomasa aérea o total (Somogyi *et al.*, 2006). Según se los usa en este documento, los factores de expansión de la biomasa siempre transforman el peso en seco del volumen venable, incluida la corteza, la biomasa aérea, excepto las raíces.

Se requiere precaución para aplicar esta ecuación porque los factores de densidad básica de la madera y expansión de la biomasa tienden a estar correlacionados. Si se usó la misma muestra de árboles para determinar D, BEF o BCEF, la conversión no va a provocar error alguno. Si, por el contrario, no se conoce con certeza la densidad básica de la madera, transformar uno a otro podría provocar errores, ya que el BCEF lleva implícita una densidad básica de la madera específica pero desconocida. Lo ideal es que todos los factores de conversión y expansión se deriven o que su aplicabilidad se verifique localmente.

Tanto los BEF como los BCEF tienen a reducirse en función de la edad de la arboleda, a medida que se incrementa la densidad de las existencias (volumen de existencias en crecimiento por ha). Esto se debe al incremento de la relación entre volumen venable y volumen total. La reducción es rápida a densidades bajas de existencias en crecimiento o para arboledas jóvenes y se estabiliza cuando se trata de arboledas más viejas y cuando hay densidades de arboleda mayores.

*GPG-LULUCF* suministró solamente valores promedio de BEF por defecto, junto con rangos amplios, y una orientación general sobre cómo seleccionar los valores aplicables para países específicos a partir de tales rangos. Para facilitar la selección de los valores por defecto más fiables, en el Cuadro 4.5 de este documento se ofrecen factores por defecto en función de la densidad de las existencias en crecimiento. Dado que se han hallado en la bibliografía datos más exhaustivos y más recientes, el Cuadro 4.5 contiene solamente BCEF por defecto. Los países que cuentan con densidades básicas de la madera y BEF específicos del país sobre una base coherente pueden aplicarlos para calcular el BCEF específico del país utilizando la fórmula antes mencionada.

Los BCEF y BEF que se aplican a las existencias en crecimiento y al incremento anual neto son diferentes. En este documento, se utilizan los siguientes símbolos:

**BCEF<sub>S</sub>**: factor de conversión y expansión de biomasa aplicable a existencias en crecimiento; convierte volumen venable de existencias en crecimiento a biomasa aérea.

**BCEF<sub>I</sub>**: factor de conversión y expansión de biomasa aplicable a incremento anual neto; convierte volumen venable de incremento anual neto a crecimiento de biomasa aérea.

**BCEF<sub>R</sub>**: factores de conversión y expansión de biomasa aplicables a recogidas de madera; convierte biomasa venable a biomasa total (corteza incluida). El BCEF<sub>R</sub> and el BEF<sub>R</sub> para recogida de madera y de madera combustible son de mayor magnitud que los referidos a existencias en crecimiento debido a la pérdida por cosecha (véase el Anexo 4A.1 Glosario). Si se desconoce el valor específico de pérdida por cosecha de un país dado, los valores por defecto son 10% para maderas duras y 8% para coníferas (Kramer y Akca, 1982). Los factores de conversión y expansión por defecto para recogida de madera se pueden derivar dividiendo los BCEF<sub>S</sub> por (1-0,08) en el caso de la coníferas y por (1-0,1) en el de los latifoliados.

Es una *buena práctica* estimar la biomasa de las existencias en crecimiento, el crecimiento de biomasa aérea y las recogidas de biomasa aérea por estratos, documentar estos estratos y agregar los resultados *ex post*. Los métodos descritos precedentemente van a dar como resultado la biomasa aérea y sus cambios. Los resultados se deben ampliar a biomasa total mediante las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea aplicables.

#### 4.2.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

En la aplicación del Método de pérdidas y ganancias se requieren el crecimiento de la biomasa aérea, el factor de conversión y expansión de biomasa (BCEF), el BEF, y/o las densidades básicas de la madera según el tipo de bosque y la zona climática de que se trate dentro del país, con más los factores de emisión relacionados con la pérdida de biomasa, incluyendo las pérdidas debidas a recogidas de madera, recogidas de madera combustible y perturbaciones.

##### Ganancia anual de carbono en la biomasa, $\Delta C_G$

##### *Crecimiento medio de la biomasa aérea (incremento), $G_W$*

##### Nivel 1

Los valores por defecto del crecimiento de la biomasa aérea ( $G_W$ ) que se presentan en los Cuadros 4.9, 4.10 y 4.12 se pueden usar en el Nivel 1. Si se dispone de los mismos, constituye una *buena práctica* utilizar otros valores regionales por defecto para los distintos tipos de bosques que correspondan al país.

**Nivel 2**

En el método de Nivel 2 se emplean datos más específicos del país para calcular el crecimiento de la biomasa aérea,  $G_w$ , a partir del incremento anual neto específico del país de las existencias en crecimiento ( $I_v$ ). Los cuadros 4.11a y 4.11b presentan los valores por defecto de  $I_v$ . Los factores combinados por defecto para conversión y expansión de biomasa ( $BCEF_1$ ) de  $I_v$  se presentan en el Cuadro 4.5. También se pueden emplear datos por separado del factor de expansión de biomasa por incremento ( $BEF_1$ ) y de densidad básica de la madera ( $D$ ) para convertir los datos disponibles a  $G_w$ . En los Cuadros 4.13 y 4.14 se presentan valores por defecto para la densidad básica de la madera.

**Nivel 3**

Bajo el Nivel 3, para la estimación basada en procesos se tendrá acceso a un inventario forestal detallado o a un sistema de monitorización con datos sobre existencias en crecimiento, así como a incrementos anuales netos del pasado y previstos y a funciones relativas a las existencias en crecimiento o al incremento anual neto directamente con la biomasa y con el crecimiento de la biomasa. También es posible derivar el incremento anual neto mediante simulación de procesos. Asimismo, se deben incorporar la fracción de carbono y la densidad básica de la madera específicas.

Habitualmente, los inventarios forestales contienen información sobre las existencias forestales en crecimiento y sobre el incremento anual neto del año en el que se realizan. Cuando el año del inventario no coincide con el año de declaración, deberán utilizarse los incrementos anuales netos interpolados o extrapolados o incrementos estimados mediante modelos (es decir, modelos capaces de simular la dinámica forestal), así como datos sobre cosechas y perturbaciones a fin de actualizar los datos del inventario al año de que se trate.

***Crecimiento de la biomasa subterránea (incremento)*****Nivel 1**

Como hipótesis por defecto coherente con las *Directrices del IPCC de 1996*, los cambios en las existencias subterráneas de carbono pueden ser inexistentes. Como alternativa, se pueden utilizar valores por defecto de las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea ( $R$ ) para estimar el crecimiento de la biomasa subterránea. Los valores por defecto se presentan en el Cuadro 4.4. Estrictamente, estas relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea sólo son válidas para existencias, pero no es factible que produzcan errores apreciables si se las aplica al crecimiento de la biomasa subterránea durante lapsos breves.

**Nivel 2**

Se deben usar las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea específicas del país para estimar la biomasa subterránea de diferentes tipos de bosques.

**Nivel 3**

Preferentemente, la biomasa subterránea debe incorporarse directamente a los modelos para calcular el incremento y las pérdidas totales de biomasa. Como alternativa, se pueden utilizar relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea o modelos de regresión determinados a nivel nacional o regional (p. ej. Li *et al.*, 2003).

**Pérdida anual de carbono en la biomasa,  $\Delta C_L$** ***Pérdida de biomasa debida a recogidas de madera,  $L_{remoción-bosques}$  y  $L_{madera-combustible}$*** 

Cuando se calcula la pérdida de carbono a través de las recogidas de biomasa, es necesario contar con los siguientes factores: recogida de madera ( $H$ ), recogida de madera combustible en forma de árboles o partes de árboles ( $FG$ ), densidad básica de la madera ( $D$ ), relación biomasa subterránea/biomasa aérea ( $R$ ), fracción de carbono ( $CF$ ),  $BCEF$  para recogidas de madera. A pesar de que todas las recogidas de madera implican una pérdida para el depósito de biomasa forestal, en el Capítulo 12 se ofrece orientación para estimar el cambio anual de las existencias de carbono en productos de madera recolectada.

***Perturbaciones,  $L_{perturbación}$*** 

La estimación de las demás pérdidas de carbono requiere datos respecto a las zonas afectadas por perturbaciones ( $A_{perturbación}$ ) y a la biomasa de estas áreas forestales ( $B_w$ ). Se requieren estimaciones de la biomasa aérea de los tipos de bosques afectados por perturbaciones, así como la relación entre biomasa subterránea y biomasa aérea y la fracción de biomasa perdida por las perturbaciones.

En el Capítulo 2, Cuadros 2.4, 2.5 y 2.6, se presentan los valores de consumo de biomasa, factores de emisión y factores de combustión necesarios para estimar la proporción de biomasa que se pierde en los incendios y la proporción que se transfiere a materia orgánica muerta bajo niveles superiores.

**Nivel 1**

La biomasa promedio varía según los tipos de bosques y las prácticas de manejo. Los valores por defecto se presentan en los Cuadros 4.9 y 4.10. En el caso de los incendios, se producen emisiones de  $CO_2$  y de no  $CO_2$  a partir de los combustibles de la biomasa aérea, incluido el sotobosque, que se quemaron. El fuego puede consumir

una gran proporción de la vegetación del sotobosque. En el caso de otras perturbaciones, una fracción de la biomasa aérea se transfiere a materia orgánica muerta y, según el Nivel 1, se supone que toda la biomasa de la zona sujeta a perturbación se libera durante el año de la perturbación.

#### **Nivel 2**

Bajo el Nivel 2, los cambios de la biomasa debidos a perturbaciones se tienen en cuenta por categoría forestal, tipo de perturbación e intensidad. Los valores promedio de la biomasa se obtienen de datos específicos del país.

#### **Nivel 3**

Además de calcularse las pérdidas de manera similar a lo indicado para el Nivel 2, en el Nivel 3 también se puede adoptar modelos en los que, habitualmente, se emplea información referenciada o espacialmente explícita respecto al año y al tipo de la perturbación.

### **4.2.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD**

#### ***Superficie de tierras forestales gestionadas***

En todos los niveles se requiere información sobre las superficies de tierras forestales gestionadas, según los diferentes tipos de bosques, clima, sistemas de gestión, y regiones.

#### **Nivel 1**

En el Nivel 1 se emplean datos de la superficie forestal que se pueden obtener a través de estadísticas nacionales, de organismos forestales (que pueden tener información sobre superficies dedicadas a diferentes prácticas de gestión), de organismos de conservación (especialmente respecto a superficies gestionadas para regeneración natural), de las municipalidades y de organismos a cargo de sondeos y mapeos. Se deberán realizar verificaciones cruzadas para asegurarse de que la información es completa y coherentemente representativa a fin de evitar omisiones o cálculos dobles, como se especifica en el Capítulo 3. Si no se dispone de datos a nivel país, se pueden obtener datos agregados a partir de fuentes de datos internacionales (FAO, 1995; FAO, 2001; TBFRA, 2000). Es una *buena práctica* verificar, validar y actualizar los datos de la FAO empleando fuentes nacionales.

#### **Nivel 2**

En el Nivel 2 se emplean conjuntos de datos nacionales definidos para cada país, según los diferentes tipos de bosques, el clima, los sistemas de gestión y las regiones, con una resolución suficiente para asegurar una representatividad adecuada de las superficies terrestres en concordancia con lo previsto en el Capítulo 3 de este volumen. El método 2 presentado en el Capítulo 3 es pertinente para el Nivel 2.

#### **Nivel 3**

En el Nivel 3 se utilizan datos específicos del país relativos a tierras forestales gestionadas obtenidos de diferentes fuentes, especialmente de inventarios forestales nacionales, registros de uso de la tierra y cambios e el uso de la tierra, o teledetección. Estos datos deberían proporcionar estimaciones completas de todas las transiciones en el uso de la tierra a tierras forestales y desagregadas por clima, suelos y tipos de vegetación. Se puede emplear una zona de la que haya referencias geográficas bajo distintos tipos de bosques a fin de analizar los cambios de superficie bajo diferentes tipos de uso de la tierra, utilizando el Método 3 del Capítulo 3.

#### ***Recogidas de madera***

El inventario requiere contar con datos sobre recogidas de madera, incluidas las recogidas de madera combustible y pérdidas de biomasa debidas a perturbaciones, a fin de calcular los cambios en las existencias de biomasa y las transferencias de existencias de carbono. Además de las recogidas de madera con fines industriales, también puede haberlas para procesamiento en pequeña escala o para su venta directa a consumidores por parte de los propietarios de la tierra. Esta cantidad puede no estar incluida en las estadísticas oficiales y puede resultar necesario estimarla mediante sondeos. La madera combustible de ramas y copas de árboles talados se puede restar de las transferencias al depósito de madera muerta. La madera salvada de las zonas afectadas por perturbaciones también debe restarse de la biomasa, para garantizar que no se produzca el cómputo doble en los inventarios de Nivel 1 en los que la biomasa de las zonas afectadas por perturbaciones ya se consideró liberada a la atmósfera.

Cuando se utilizan las estadísticas de producción, los usuarios deben prestar mucha atención a las unidades con que se trabaja. Es importante verificar si la información de los datos originales se declara como biomasa, o como volúmenes bajo corteza o sobre corteza, para asegurarse de que los factores de expansión se utilizan solamente donde corresponde y de manera coherente.

A menos que se esté restringido a la representación de la tierra del Método 1 sin datos complementarios, para que todas las tierras forestales se contabilicen bajo *Tierras forestales que permanecen como tales*, no se deben incluir las recogidas de madera de tierras forestales bajo conversión a otros uso de la tierra entre las pérdidas declaradas para *Tierras forestales que permanecen como tales* puesto que se declaran estas pérdidas en la nueva

categoría de uso de la tierra. Si las estadísticas sobre recogidas de madera no incluyen la estratificación de las tierras, entonces deberá restarse del total de recogidas de madera una cantidad de biomasa aproximada a la pérdida de biomasa de tierras convertidas de tierras forestales.

La extracción de rollizos se encuentra publicada en el *UNECE/FAO Timber Bulletin* y por la FAO en su *Yearbook of Forest Products*. Este último se basa fundamentalmente en datos provistos por los países. A falta de datos oficiales, la FAO suministra una estimación basada en la mejor información de que se dispone. Por lo general, el *Anuario* de la FAO se publica cada dos años.

#### **Nivel 1**

Los datos de la FAO se pueden emplear como datos de H por defecto para el Nivel 1 en la Ecuación 2.12 del Capítulo 2. Los datos sobre rollizos incluyen toda la madera recogida de los bosques, que se declara en metros cúbicos de bajo corteza. Los datos de bajo corteza se deben convertir a sobre corteza antes de utilizar el factor  $BCEF_R$ . La conversión de volúmenes de bajo corteza a volúmenes de sobre corteza se realiza utilizando los porcentajes de corteza.

#### **Nivel 2**

Se debe usar la información específica de cada país.

#### **Nivel 3**

Se deben utilizar los datos de recogidas de madera específicos de cada país a una resolución espacial seleccionada para la declaración.

#### ***Recogida de madera combustible***

Para la estimación de las pérdidas de carbono debidas a la recogida de madera combustible es necesario contar con el volumen anual de madera combustible recogida (FG) y con la densidad básica de la madera (D). La madera combustible se produce de diferentes maneras en los diversos países y va de la cosecha normal de madera, pasando por el uso de partes de árboles, hasta la recogida de madera muerta. La madera combustible constituye el mayor componente de la pérdida de biomasa en muchos países, por lo que se requiere contar con estimaciones confiables de esos países. Si es posible, la recogida de madera combustible de *Tierras forestales que permanecen como tales* y la procedente de la conversión de tierras forestales a otros usos debe mantenerse por separado.

#### **Nivel 1**

La FAO suministra estadísticas respecto a recogidas de madera combustible y de carbón vegetal para todos los países. Las estadísticas de la FAO se basan en lo que proveen los ministerios o departamentos respectivos de cada país y, en algunos casos, pueden dar cuenta de la totalidad de la recogida de madera combustible y de carbón vegetal, debido a las limitaciones de los sistemas nacionales de recolección de datos y de generación de informes. Consecuentemente, en el Nivel 1, las estadísticas de la FAO se pueden emplear directamente, pero se debe verificar su exhaustividad por parte de la fuente nacional que suministró los datos a la FAO, tales como el Ministerio de Silvicultura o de Agricultura u otra organización a cargo de estadísticas. Las estimaciones de la FAO u otras estimaciones nacionales se deben complementar mediante sondeos regionales o estudios locales sobre consumo de madera combustible, dado que la madera combustible se recoge de múltiples fuentes; bosques, residuos del procesamiento de la madera, granjas, haciendas, tierras de pastoreo comunitarias, etc. Si se dispone de información más completa a nivel nacional, se la debe utilizar.

#### **Nivel 2**

Si está disponible, se debe usar la información específica de cada país. Se pueden utilizar los sondeos regionales de recogidas de madera combustible para verificar y complementar las fuentes de datos nacionales o de la FAO. A nivel nacional, las recogidas agregadas de madera combustible pueden estimarse realizando sondeos a nivel regional de hogares rurales y urbanos con diferentes niveles de ingreso, industrias y establecimientos.

#### **Nivel 3**

Se deben utilizar los datos de recogidas de madera combustible resultantes de estudios a nivel nacional a la resolución requerida por el modelo de Nivel 3, incluyendo las recogidas de madera combustible no comerciales. La recogida de madera combustible se debe relacionar con los tipos de bosques y las regiones.

Los distintos métodos de recogida de madera combustible de *Tierras forestales que permanecen como tales* deben contabilizarse a nivel regional o desagregado mediante sondeos. Se debe identificar la fuente de la madera combustible para garantizar que no se produzcan cálculos dobles.

#### ***Perturbaciones***

Se dispone de una base de datos sobre la tasa y el impacto de las perturbaciones naturales por tipo, para todos los países europeos (Schelhaas *et al.*, 2001) que se encuentra en: <http://www.efi.fi/>

Hay una base de datos del PNUMA sobre superficies quemadas a nivel mundial que se encuentra en: <http://www.grid.unep.ch/>

No obstante, debe recordarse que la base de datos del PNUMA sólo es válida para el año 2000. En muchos países, la variabilidad interanual de las superficies quemadas es considerable y, por ende, estas cifras no van a proporcionar un promedio representativo. Muchos países mantienen sus propias estadísticas de perturbaciones, p. ej. Stocks *et al.* (2002), las que se pueden emplear en los métodos de los Niveles 2 o 3 (Kurtz y Apps, 2006).

También debe consultarse el FRA2005 (FAO, 2005) en cuanto a datos sobre perturbaciones.

#### 4.2.1.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

*A continuación se resumen los pasos para estimar el cambio en las existencias de carbono en biomasa ( $\Delta C_B$ ) empleando métodos por defecto:*

**Paso 1:** empleando la orientación dada en el Capítulo 3 (métodos para representar las superficies terrestres), categorizar el área (A) de *Tierras forestales que permanecen como tales* por tipos de bosques de diferentes zonas climáticas o ecológicas, según las haya adoptado cada país. Como punto de referencia, en el Anexo 3A.1 de la *GPG-LULUCF* (IPCC, 2003) se proporcionan datos a nivel nacional de áreas forestales y de cambios anuales en áreas forestales por región y por país, como medio de comparación. Como alternativa, periódicamente, la FAO también suministra datos sobre áreas;

**Paso 2:** estimar la ganancia anual de biomasa en *Tierras forestales que permanecen como tales* ( $\Delta C_G$ ) utilizando estimaciones de superficie y de crecimiento de biomasa para cada tipo de bosque y zona climática del país de que se disponga, empleando las Ecuaciones 2.9 y 2.10 del Capítulo 2.

**Paso 3:** estimar la pérdida anual de carbono debida a recogidas de madera ( $L_{\text{remoción-bosques}}$ ) empleando la Ecuación 2.12 del Capítulo 2;

**Paso 4:** estimar la pérdida anual de carbono debida a la recogida de madera combustible ( $L_{\text{madera-combustible}}$ ) empleando la Ecuación 2.13 del Capítulo 2;

**Paso 5:** estimar la pérdida anual de carbono debida a perturbaciones ( $L_{\text{perturbación}}$ ) empleando la Ecuación 2.14 del Capítulo 2, evitando el computo doble de pérdidas ya cubiertas en recogidas de madera y de madera combustible;

**Paso 6:** a partir de las pérdidas estimadas en los Pasos 3 a 5, estimar la reducción anual de las existencias de carbono debida a pérdidas de biomasa ( $\Delta C_L$ ) empleando la Ecuación 2.11 del Capítulo 2;

**Paso 7:** estimar el cambio anual en las existencias de carbono en biomasa ( $\Delta C_B$ ) empleando la Ecuación 2.7 del Capítulo 2.

**Ejemplo:** en el siguiente ejemplo se muestran los cálculos del Método de pérdidas y ganancias (Nivel 1) para obtener los cambios anuales de las existencias de carbono en biomasa ( $\Delta C_B$ ), empleando la Ecuación 2.7 del Capítulo 2 ( $\Delta C_B = (\Delta C_G - \Delta C_L)$ ), para un país hipotético en una zona forestal continental templada de Europa (Cuadro 4.1, Sección 4.5):

- la superficie de *Tierras forestales que permanecen como tales* (A) dentro del país es de 100 000 há (véase el Capítulo 3 en cuanto a categorización de superficies);
- se trata de un bosque de pinos de 25 años de edad cuyo volumen promedio de crecimiento en existencias aéreas es de  $40 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}$ ;
- la cosecha de rollizos de madera venable sobre corteza (H) es de  $1\,000 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ ;
- la recogida de madera combustible en árboles enteros ( $FG_{\text{árboles}}$ ) es de  $500 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ ;
- la superficie que sufre perturbaciones por insectos es de  $2\,000 \text{ há año}^{-1}$  con biomasa aérea afectada de  $4,0 \text{ ton d.m. há}^{-1}$ .

La **ganancia anual en biomasa** ( $\Delta C_G$ ) es el producto del incremento anual medio de la biomasa ( $G_{\text{TOTAL}}$ ), la superficie de tierra (A) y la fracción de carbono de la materia seca (CF); Ecuación 2.9 del Capítulo 2 ( $\Delta C_G = \sum_{ij} (A \bullet G_{\text{TOTAL}} \bullet CF)$ ).  $G_{\text{TOTAL}}$  se calcula aplicando la Ecuación 2.10 del Capítulo 2 para valores dados de crecimiento anual de biomasa aérea ( $G_W$ ), de la relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), y los cuadros de datos por defecto de la Sección 4.5.

Para el país hipotético,

$$G_W = 4,0 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ (Cuadro 4.9);}$$

$$R = 0,29 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea de 50 a 150 ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4 con referencia al Cuadro 4.7 para biomasa aérea);}$$

$$G_{\text{TOTAL}} = 4,0 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \bullet (1 + 0,29) = 5,16 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.10); y}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3).}$$

Consecuentemente, (Ecuación 2.9):  $\Delta C_G = 100\,000 \text{ há} \bullet 5,16 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \bullet 0,47 \text{ ton C (ton dm)}^{-1} = 242\,520 \text{ ton C año}^{-1}$ .

La **pérdida de biomasa** ( $\Delta C_L$ ) es la suma de la pérdida anual debida a recogidas de madera ( $L_{\text{remoción-bosques}}$ ), recogida de madera combustible ( $L_{\text{madera-combustible}}$ ) y perturbaciones ( $L_{\text{perturbación}}$ ), Ecuación 2.11 del Capítulo 2.

La *recogida de madera* ( $L_{\text{remoción-bosques}}$ ) se calcula con la Ecuación 2.12 del Capítulo 2, madera en rollizos venable sobre corteza (H), factor de expansión de la conversión de biomasa ( $BCEF_R$ ), fracción de corteza en la madera recolectada (BF), relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), fracción de carbono de la materia seca (CF) y cuadros por defecto, Sección 4.5.

Para el país hipotético,

$$BCEF_R = 1,11 \text{ ton d.m. m}^{-3} \text{ (Cuadro 4.5 con referencia al volumen de existencias en crecimiento } 40 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}\text{);}$$

$$BF = 0,1 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1}. R = 0,29 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea de 50 a 150 t há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4; en cuanto a biomasa aérea véase el Cuadro 4.7); y}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3).}$$

$$L_{\text{remoción-bosques}} = 1.000 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1} \bullet 1,11 \text{ ton d.m. m}^{-3} (1 + 0,29 + 0,1) \bullet 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \\ = 725,16 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.12).}$$

La *recogida de madera combustible* ( $L_{\text{madera-combustible}}$ ) se calcula con la Ecuación 2.13 del Capítulo 2, recogidas de madera en forma de árboles enteros ( $FG_{\text{árboles}}$ ), factor de expansión de la conversión de biomasa ( $BCEF_R$ ), relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), fracción de carbono de la materia seca (CF) y cuadros por defecto de la Sección 4.5. Para el país hipotético,

$$BCEF_R = 1,11 \text{ ton d.m. m}^{-3} \text{ (Cuadro 4.5 con referencia al volumen de existencias en crecimiento } 40 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}\text{);}$$

$$R = 0,29 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea de 50 a 150 ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4 con referencia al Cuadro 4.7 para biomasa aérea); y}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3).}$$

$$L_{\text{remoción-bosques}} = 500 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1} \bullet 0,75 \text{ ton d.m. m}^{-3} (1 + 0,29) \bullet 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \\ = 336,50 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.13).}$$

La *pérdida anual de carbono en biomasa debida a perturbaciones* ( $L_{\text{perturbación}}$ ) se calcula aplicando la Ecuación 2.14, Capítulo 2, superficie de perturbaciones ( $A_{\text{perturbación}}$ ), promedio de biomasa aérea afectada ( $B_w$ ), relación biomasa subterránea / biomasa aérea ( $R$ ), fracción de carbono de la materia seca ( $CF$ ), fracción de biomasa perdida durante la perturbación ( $fd$ ) y cuadros por defecto de la Sección 4.5. Para el país hipotético,

$$R = 0,29 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea de 50 a 150 ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4, con referencia a biomasa aérea véase el Cuadro 4.7);}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3); y } fd = 0,3$$

$$L_{\text{perturbación}} = 2\,000 \text{ há año}^{-1} \bullet 4,0 \text{ ton d.m. há}^{-1} (1 + 0,29) \bullet 0,47 \text{ ton C (ton dm)}^{-1} \bullet 0,3 \\ = 1\,455,12 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2,14)}$$

*Reducción anual en las existencias de carbono debida a pérdidas de biomasa* ( $\Delta C_L$ ),

$$\Delta C_L = 725,16 \text{ ton C año}^{-1} + 336,50 \text{ ton C año}^{-1} + 1\,455,12 \text{ ton C año}^{-1}$$

$$= 2\,516,78 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.11)}$$

**Cambios anuales en las existencias de carbono en biomasa ( $\Delta C_B$ )**

Aplicando la Ecuación 2.7 del Capítulo 2 ( $\Delta C_B = (\Delta C_G - \Delta C_L)$ ),

$$\Delta C_B = 242\,520 \text{ ton C año}^{-1} - 2\,516,78 \text{ ton C año}^{-1} = 240\,003,22 \text{ ton C año}^{-1}$$

#### 4.2.1.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

En esta sección se consideran incertidumbres específicas de las fuentes pertinentes para las estimaciones de inventario realizadas para *Tierras forestales que permanecen como tales*. La estimación de valores específicos por país y/o desagregados requiere información más exacta en cuanto a incertidumbres que la que se proporciona a continuación. En el Volumen 1, Capítulo 3, se proporciona información respecto a incertidumbres relacionadas con estudios basados en muestras. En la bibliografía disponible respecto a estimaciones de incertidumbre sobre factores de emisión y datos de la actividad es limitada.

##### **Factores de emisión y absorción**

La FAO (2006) suministra estimaciones de incertidumbre respecto a factores de carbono forestal; densidad básica de la madera (10 a 40%); incremento anual en los bosques gestionados de los países industrializados (6%); existencias en crecimiento (países industrializados 8%, países no industrializados 30%); pérdidas naturales combinadas para países industrializados (15%); recogidas de madera y de madera combustible (países industrializados 20%).

En Finlandia, la incertidumbre en cuanto a la densidad básica de la madera de pino, abeto y abedul es de menos del 20% según estudios de Hakkila (1968, 1979). La variabilidad entre arboledas forestales de la misma especie debe ser menor o, como máximo, equivalente a la de cada árbol de la misma especie. En Finlandia, la incertidumbre de los factores de expansión de biomasa para pino, abeto y abedul era de aproximadamente un 10% (Lehtonen *et al.*, 2003).

En ocho parcelas de inventario de bosques tropicales del Amazonas, los errores de medición combinados llevaron a errores de entre un 10 y un 30% en las estimaciones del cambio de la superficie basimétrica durante períodos de menos de 10 años (Phillips *et al.*, 2002).

Las principales fuentes de incertidumbre en cuanto a densidad de la madera y a los factores de expansión de la biomasa son la edad de la arboleda, su composición en especies y su estructura. Para reducir la incertidumbre, se alienta a los países a desarrollar factores de expansión de biomasa específicos para cada país o región, así como BCEF que se adapten a sus condiciones. En caso de que no se disponga de valores específicos del país o de la región, se deben verificar las fuentes de los parámetros por defecto y analizar si se corresponden con las condiciones específicas del país.

Entre las causas de la variación del incremento anual se incluyen el clima, las condiciones de crecimiento del sitio y la fertilidad del suelo. Las arboledas regeneradas artificialmente y gestionadas son menos variables que los bosques naturales. Las formas más importantes de mejorar la exactitud de las estimaciones se relacionan con

la aplicación de incrementos específicos de un país dado o regionales estratificados por tipo de bosque. Si se emplean los valores por defecto del incremento, la incertidumbre de las estimaciones debe indicarse y documentarse claramente. En los métodos del Nivel 3 se pueden utilizar curvas de crecimiento estratificadas por especies, zonas ecológicas, productividad del sitio e intensidad de gestión. Hay métodos similares que se usan habitualmente en los modelos de planificación de suministro de madera y esta información se puede incorporar en los modelos de contabilización de carbono (p. ej. Kurz *et al.*, 2002).

Los datos relativos a las talas comerciales son relativamente exactos, aunque puede ser incompletos o sesgados debido a talas ilegales y a talas no informadas por reglamentaciones fiscales. Es posible que la madera tradicional que se recoge y se usa directamente, sin que se la venda, no esté incluida en ninguna estadística. Los países deben tener presentes estos aspectos. La cantidad de madera que se saca de los bosques después de las tormentas o de brotes de peste varía en tiempo y en volumen. No se pueden suministrar datos por defecto de estos tipos de pérdidas. Las incertidumbres relacionadas con estas pérdidas pueden estimarse a partir de la cantidad de madera deteriorada que se saca directamente del bosque o utilizando datos sobre madera deteriorada que se utiliza posteriormente con propósitos comerciales y de otros tipos. Si la recogida de madera combustible se considera por separado de las talas, las incertidumbres que pueden surgir podrían ser significativas dada la alta incertidumbre implícita en la recogida tradicional.

#### ***Datos de la actividad***

Deben obtenerse los datos de la zona empleando la orientación del Capítulo 3 o de la FAO (2000). En los países industrializados se ha estimado una incertidumbre en las estimaciones de superficies forestales de aproximadamente un 3% (FAO, 2000).

## **4.2.2 Materia orgánica muerta**

La descripción general de los métodos para estimar cambios en las existencias de carbono de los depósitos de materia orgánica muerta (DOM) (hojarasca y madera muerta) se ha presentado en el Capítulo 2.

Esta sección se centra en los métodos para la estimación de los cambios en las existencias de carbono de los depósitos de materia orgánica muerta en lo referido a *Tierras forestales que permanecen como tales*. En los métodos del Nivel 1 se supone que los cambios netos en las existencias de carbono de los depósitos de DOM equivalen a cero porque las ecuaciones simples de entradas y salidas que se emplean en los métodos del Nivel 1 no son apropiadas para reproducir la dinámica de los depósitos de DOM. Los países que deseen cuantificar la dinámica de la DOM deben desarrollar las metodologías de los Niveles 2 o 3. Los países en los que la DOM constituya una categoría principal deben adoptar niveles superiores y estimar los cambios respectivos.

Los depósitos de madera muerta (DW) contienen carbono en los restos leñosos brutos, en raíces muertas brutas, en árboles muertos en pie, y en otros materiales muertos que no están incluidos en los depósitos de carbono de la hojarasca o del suelo. La estimación de la magnitud y la dinámica de los depósitos de madera muerta plantea muchas limitaciones prácticas, en particular las relacionadas con las mediciones del campo. Por lo general, las incertidumbres relacionadas con las estimaciones de la tasa de transferencia de los depósitos de DW a los de hojarasca y del suelo, así como las de las emisiones a la atmósfera, son elevadas. La cantidad de madera muerta es muy variable en diferentes arboledas, tanto en tierras gestionadas (Duvall y Grigal, 1999; Chojnacky y Heath, 2002) como no gestionadas (Spies *et al.*, 1988). Las cantidades de madera muerta dependen del tiempo transcurrido desde la última perturbación, del tipo de la última perturbación, de las pérdidas ocurridas durante las perturbaciones, de la cantidad de ingreso de biomasa (mortalidad) en el momento de la perturbación (Spies *et al.*, 1988), de las tasas de mortalidad natural, de las tasas de descomposición, y de la gestión (Harmon *et al.*, 1986).

Las tasas de acumulación de hojarasca neta pueden estimarse con el método de diferencia de existencias o el de pérdidas y ganancias. Este último requiere una estimación del balance de la cantidad anual de caída de hojarasca (que incluye todas las hojas, brotes y ramitas, frutas, flores, raíces y corteza) menos la tasa anual de descomposición de la hojarasca. Además, las perturbaciones pueden agregar o quitar carbono del depósito de hojarasca, lo cual ejerce así una influencia sobre la magnitud y la composición del depósito de hojarasca. La dinámica de la hojarasca durante las primeras etapas de desarrollo de la arboleda depende del tipo y de la intensidad de la última perturbación. En los casos en que la perturbación haya transferido biomasa a los depósitos de DOM (p. ej., arrojada por el viento o por muerte de insectos), los depósitos de hojarasca pueden reducirse hasta que las pérdidas se compensen por ingresos de hojarasca. En los casos en que la perturbación haya reducido la hojarasca (p. ej. incendio natural), los depósitos de hojarasca pueden incrementarse durante las primeras etapas del desarrollo de la arboleda, si el ingreso de hojarasca es mayor que la descomposición. La gestión, como es el caso de la cosecha de madera, de la quema de broza y de la preparación del sitio, altera las propiedades de la hojarasca (Fisher y Binkley, 2000), aunque hay pocos estudios en los que se documenten claramente los efectos de la gestión sobre el carbono de la hojarasca (Smith y Heath, 2002).

### 4.2.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 2.3 del Capítulo 2 ofrece orientación para la selección del nivel de método apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación. La elección del método se describe conjuntamente para madera muerta y hojarasca, ya que las ecuaciones son idénticas para ambas, pero las estimaciones se calculan por separado para cada uno de los dos depósitos.

La estimación de los cambios en las existencias de carbono de los depósitos de DOM requiere estimaciones de los cambios de las existencias de carbono en los depósitos de madera muerta y de hojarasca (véase la Ecuación 2.17 del Capítulo 2).

#### Nivel 1

El método del Nivel 1 se supone que las existencias de carbono en la madera muerta y la hojarasca están en equilibrio, por lo que se supone que los cambios de las existencias de carbono en los depósitos de DOM son nulos. Se aconseja a los países que experimentan cambios significativos en los tipos de bosques, las perturbaciones o los regímenes de gestión de sus bosques, a desarrollar datos locales para cuantificar los impactos de estos cambios empleando las metodologías de Niveles 2 o 3 y que declaren los cambios resultantes en las existencias de carbono y de las emisiones de no CO<sub>2</sub>.

#### Niveles 2 y 3

Se dispone de dos métodos generales para estimar los cambios de las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca. Existen métodos similares para la estimación de cambios de existencias de carbono en la biomasa, y la elección del método para estimar los cambios de la DOM puede verse afectada por la elección del método para la estimación de los cambios en las existencias de carbono en la biomasa.

*Método de pérdidas y ganancias:* en el método de pérdidas y ganancias se emplea el equilibrio de masa de las entradas y pérdidas de los depósitos de madera muerta y de hojarasca para estimar los cambios de las existencias durante un período dado. Esto implica estimar la superficie de *Tierras forestales que permanecen como tales* bajo gestión y la transferencia anual promedio de existencias de carbono a y de los depósitos de madera muerta y hojarasca (Ecuación 2.18 del Capítulo 2). Para reducir la incertidumbre, la superficie calificada como *Tierras forestales que permanecen como tales* se puede estratificar aun más por zonas climáticas o ecológicas, y se la puede clasificar por tipo de bosques, productividad, régimen de perturbaciones, prácticas de gestión u otros factores que tienen incidencia sobre la dinámica de los depósitos de carbono en madera muerta y hojarasca. La estimación del balance neto requiere un cálculo en base hectáreas de las transferencias anuales a los depósitos de madera muerta y hojarasca producidas por mortalidad de tallos, caída de hojarasca y renovación, así como las pérdidas por descomposición. Además, en zonas sujetas a actividades de gestión o a perturbaciones naturales, se va a agregar madera muerta y hojarasca en forma de residuos de biomasa, y se las va a transferir a través de la cosecha (el salvamento de árboles muertos en pie), el quemado u otro mecanismo.

Constituye una *buena práctica* que la estratificación de las tierras forestales adoptadas para DOM sea idéntica a la empleada para la estimación de cambios en las existencias de carbono en la biomasa.

*Método de diferencia de existencias:* Implica la estimación de la superficie de *Tierras forestales que permanecen como tales* bajo gestión, determinar las existencias de carbono en la madera muerta y la hojarasca en dos momentos diferentes y el cálculo de la diferencia entre dos estimaciones de existencias de carbono (Ecuación 2.19 del Capítulo 2). El cambio ocurrido en las existencias anuales de carbono de un año de inventario se obtiene dividiendo el cambio en las existencias de carbono por el período (años) transcurrido entre dos mediciones. El método 2 sólo es factible en países que tengan inventarios forestales basados en parcelas de muestreo. El cálculo de los cambios en las existencias de carbono como la diferencia entre las existencias de carbono en dos momentos diferentes requiere que las superficies del momento t1 y del momento t2 sean idénticas, a fin de asegurarse de que las existencias de carbono declaradas no sean el resultado de cambios en superficie.

En cuanto a los métodos de los Niveles 2 y 3, ambas opciones exigen muchos datos y requieren mediciones de campo y modelos para su puesta en práctica. Tales modelos se pueden elaborar sobre la base del conocimiento y la información recopilados para la simulación de dinámicas forestales, como los que se emplean en el proceso de planificación del suministro de madera (p. ej. Kurz *et al.*, 2002, y Kurz y Apps, 2006).

### 4.2.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

#### Nivel 1

Por defecto, se supone que las existencias de carbono en los depósitos de DOM de las *Tierras forestales que permanecen como tales* son estables. Se supone que las emisiones de dióxido de carbono que se originan en los depósitos de madera muerta y hojarasca durante los incendios naturales equivalen a cero, como tampoco se cuenta la acumulación de carbono en los depósitos de madera muerta y hojarasca ocurrida durante la

regeneración. Las emisiones de no-CO<sub>2</sub> producidas por incendios naturales, incluso las de CH<sub>4</sub> y CO, se estiman en el Nivel 1.

### Niveles 2 y 3

El parámetro  $f_{BLol}$  es la fracción del total de biomasa que queda para su descomposición en el suelo; véase el Capítulo 2, Ecuación 2.20. La resolución y la exactitud del carbono transferido se corresponden con los factores de expansión que se apliquen al cálculo de las pérdidas.

La estimación del  $f_{BLol}$  en el Nivel 2 requiere datos nacionales de las proporciones, en promedio, del carbono que queda después de las perturbaciones. En el Capítulo 2 se incluyen dos cuadros para cuando los datos nacionales son incompletos:

- Valores del factor de combustión por defecto a utilizar como  $(1 - f_{BL})$  en caso de que el país cuente con buena información sobre las existencias de biomasa en crecimiento; en este caso, se utiliza la proporción perdida; véase el Cuadro 2.6.
- Valores de absorciones de biomasa por defecto a utilizar como  $[M_B \cdot (1 - f_{BL})]$  en caso de que los datos sobre las existencias de biomasa en crecimiento no sean confiables.  $M_B$  es la masa de combustible disponible para la combustión (véanse el Cuadro 2.4 y la Ecuación 2.27 del Capítulo 2).

Los valores específicos para cada país de la transferencia de carbono de los árboles vivos que se cosechan a residuos de cosecha puede derivarse de los factores de expansión del país de que se trate, teniendo en cuenta el tipo de bosque (coníferas/de hoja ancha/mezcla), la tasa de utilización de la biomasa, las prácticas de cosecha y la cantidad de árboles deteriorados durante las operaciones de cosecha. Tanto la cosecha como las perturbaciones naturales le agregan biomasa a los depósitos de madera muerta y de hojarasca. Otras prácticas de gestión (como el quemado de residuos de cosecha) y los incendios naturales le quitan carbono a los depósitos de madera muerta y de hojarasca. Si se conocen la superficie que se halla bajo cada práctica de manejo y el tipo de bosque afectado por la perturbación, entonces, pueden utilizarse las matrices de perturbación (véase el Capítulo 2, Cuadro 2.1; Kurz *et al.*, 1992) para definir, para cada tipo de perturbación, la proporción de cada depósito de carbono de biomasa, de materia orgánica muerta y del suelo que se transfiere a otros depósitos, a la atmósfera, o que se quita del bosque durante la cosecha.

La estimación de  $f_{BLol}$  en el Nivel 3 exige un conocimiento más detallado de la proporción de emisiones rápidas de perturbaciones tales como incendios y tormentas de viento. Los datos deben obtenerse mediante mediciones *in situ* o a partir de estudios de perturbaciones similares. Se han desarrollado matrices de perturbaciones (véase el Capítulo 2, Cuadro 2.1) para definir, para cada tipo de perturbación, la proporción de biomasa (y de todos los demás depósitos de carbono) que se transfiere a otros depósitos de carbono, se libera a la atmósfera o se transfiere a productos de madera recolectada (Kurz *et al.*, 1992). Las matrices de perturbaciones aseguran la conservación de carbono cuando se calculan los impactos inmediatos de la cosecha o de las perturbaciones sobre el carbono del ecosistema.

Los métodos del Nivel 3 se basan en modelos más complejos de contabilización del carbono forestal que hacen un seguimiento de las tasas de ingreso y pérdidas de los depósitos de materia orgánica muerta para cada tipo de bosque, productividad y clase etárea. En los casos en los que se cuente con inventarios forestales exhaustivos que incluyan re-mediciones de depósitos de materia orgánica muerta, las estimaciones de cambios en las existencias de carbono se pueden derivar también empleando el método de diferencia de existencias descrito en la Ecuación 2.19 del Capítulo 2. Constituye una *buena práctica* que los métodos basados en existencias con muestreos periódicos respeten los principios establecidos en el Capítulo 3, Anexo 3A.3. Los métodos basados en existencias pueden usarse en paralelo con modelos para reproducir la dinámica de todos los depósitos de carbono forestales. Los métodos del Nivel 3 permiten obtener estimaciones con mayor certidumbre que los niveles inferiores y se caracterizan por una mejor relación entre la dinámica de los depósitos de carbono de la biomasa y de la materia orgánica muerta. Otros parámetros importantes en la modelización de los balances de carbono en madera muerta y hojarasca son las tasas de descomposición, las que pueden variar según el tipo de bosque y las condiciones climáticas, y las prácticas de gestión forestal (p. ej. quemado o entresacado y otras formas de cosecha parcial).

#### 4.2.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los países que utilizan un método del Nivel 1 no requieren datos de la actividad para la estimación de los cambios en las existencias de carbono de la DOM en las *Tierras forestales que permanecen como tales*.

Los países que utilizan niveles superiores requieren datos de la actividad en las zonas de *Tierras forestales que permanecen como tales* clasificados por principales tipos de bosques, prácticas de gestión y regímenes de perturbaciones. Los datos del total de la superficie forestal y de todas las demás actividades deben ser coherentes con los declarados en otras secciones de este capítulo, en especial los de la sección biomasa de *Tierras forestales*

que permanecen como tales (Sección 4.2.1). Los datos de la actividad específicos de cada país para las zonas afectadas anualmente por cosechas y perturbaciones pueden derivarse de los programas nacionales de monitorización. La estimación de los cambios en las existencias de carbono de la DOM se facilita considerablemente si esta información puede utilizarse conjuntamente con los datos nacionales sobre suelos y clima, inventarios de vegetación y otros datos geofísicos.

Las fuentes de datos varían según el sistema de gestión forestal de cada país. Se pueden compilar datos de contratistas o empresas individuales, de organismos de regulación y de entidades gubernamentales responsables de inventarios y gestión forestales, así como de instituciones de investigación. Los formatos de los datos son muy variados e incluyen, entre otros, informes de actividades presentados regularmente en el marco de programas de incentivos o según lo exigido por reglamentaciones, inventarios de gestión forestal y de programas de monitorización que utilizan imágenes de detección remota (Wulder *et al.*, 2004).

#### 4.2.2.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

Dado que el Nivel 1 no supone cambio alguno en la DOM de las *Tierras forestales que permanecen como tales*, la orientación relativa a los pasos de cálculo no es pertinente.

#### 4.2.2.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

En el Nivel 1, por definición, se supone que las existencias de carbono son estables y, por lo tanto, no corresponde efectuar análisis formales de incertidumbre. De hecho, tal hipótesis casi nunca es verdadera a nivel de las arboledas y es poco factible que lo sea en general, aunque el error resultante podría ser pequeño para un paisaje forestado porque los incrementos producidos en ciertas arboledas podrían ser compensados por las reducciones en otras, aunque para todo un paisaje o un país, los depósitos de materia orgánica muerta pueden estar en aumento o reduciéndose. La comprensión de los tipos de cambios que se están produciendo en los bosques de un país puede permitirnos una visión cualitativa respecto a la tendencia de cambios en los depósitos de materia orgánica muerta. Por ejemplo, en algunos países, las existencias en crecimiento de biomasa se están incrementando porque las pérdidas producidas por cosechas y perturbaciones son menores que los incrementos por crecimiento. Es factible que los depósitos de materia orgánica muerta también estén creciendo, aunque la tasa de crecimiento no pueda conocerse a menos que se utilice un método de estimación de los Niveles 2 o 3.

Es factible que los países que utilizan métodos en los que se supone que todas las pérdidas de carbono se producen en el año de la perturbación sobreestimen las pérdidas por perturbaciones en los años en que se produzcan perturbaciones que excedan el promedio, y que subestimen las verdaderas emisiones en los años con perturbaciones por debajo del promedio. Es factible que los países con tasas de cosechas y de perturbaciones bastante constantes que confían en tales métodos conozcan más de cerca los verdaderos cambios en las existencias netas de carbono.

La incertidumbre de las estimaciones cuando se utilizan métodos de nivel superior se deben evaluar para cada país en particular utilizando el dictamen de expertos. Es justo suponer que la incertidumbre de las estimaciones de cambios en las existencias de carbono de la materia orgánica muerta es, en general, mayor que la de las estimaciones de cambios en las existencias de carbono en la biomasa porque, en la mayoría de los países, se dispone de una cantidad de información considerablemente mayor sobre existencias de biomasa que sobre existencias de materia orgánica muerta. Es más, por lo general, los modelos que describen la dinámica de la biomasa son más avanzados que los referidos a la dinámica de la materia orgánica muerta.

Dada la importancia cada vez mayor de comprender los componentes no-madereros de los ecosistemas forestales, en muchos países se ha hecho una revisión de los procedimientos de inventario. Hay una disponibilidad cada vez mayor de datos sobre las existencias de carbono en la materia orgánica muerta y sobre su dinámica, lo que va a permitir a los organismos a cargo de los inventarios una mejor identificación, cuantificación y reducción de las incertidumbres en las estimaciones de materia orgánica muerta en los próximos años.

### 4.2.3 Carbono del suelo

En esta sección se explican los procedimientos de estimación y las *buenas prácticas* para estimar los cambios en las existencias de C de los suelos forestales. No incluye la hojarasca forestal, que es un depósito de materia orgánica muerta. Se brinda orientación por separado respecto a dos tipos de suelos forestales: 1) suelos forestales minerales, y 2) suelos forestales orgánicos.

Lo habitual es que el contenido de C orgánico de los suelos forestales minerales (hasta 1 m de profundidad) varíe entre 20 y más de 300 toneladas de C há<sup>-1</sup> según el tipo de bosques y las condiciones climáticas (Jobbagy and

Jackson, 2000). A nivel mundial, los suelos forestales minerales contienen aproximadamente 700 Pg C (Dixon *et al.*, 1994), aunque los depósitos de C orgánico no son estáticos debido a las diferencias entre las entradas y las salidas de C ocurridas a través del tiempo. En gran parte, las entradas están determinadas por la productividad forestal, la descomposición de la hojarasca y su incorporación al suelo mineral y la subsiguiente pérdida producida por la mineralización/respiración (Pregitzer, 2003). Hay otras pérdidas de C orgánico del suelo que se producen por la erosión o por la disolución de C orgánico que se lixivia a las aguas subterráneas o se pierde por el flujo por tierra. Una gran proporción de las entradas procede de la hojarasca aérea de los suelos forestales por lo que la materia orgánica del suelo tiende a concentrarse en los horizontes superiores del suelo, con aproximadamente la mitad del C orgánico del suelo en la capa superior de 30 cm. A menudo, el C contenido en el perfil superior es el más descomponible químicamente y el de más exposición directa a perturbaciones naturales y antropogénicas. Esta sección se refiere solamente al C del suelo y no a la hojarasca en descomposición (es decir, materia orgánica muerta, véase la Sección 4.2.2).

Las actividades humanas y otras perturbaciones, como los cambios en el tipo de bosque, la productividad, las tasas de descomposición y las perturbaciones, pueden alterar la dinámica del C en los suelos forestales. Las distintas actividades de la gestión forestal, tales como la duración de la rotación; la elección de las especies arbóreas; el drenaje; las prácticas de cosecha (árboles enteros o leños serrados, regeneración, corte parcial o entresacado); las actividades de preparación del terreno (fuegos controlados, escarificación); y la fertilización, tienen incidencia en las existencias de C orgánico del suelo (Harmon y Marks, 2002; Liski *et al.*, 2001; Johnson y Curtis, 2001). Es también de esperar que los cambios en los regímenes de perturbaciones y, en especial, en la ocurrencia de importantes incendios forestales, pestes y otras perturbaciones que impliquen el reemplazo de arboledas alteren los depósitos de C de los suelos forestales (Li y Apps, 2002; de Groot *et al.*, 2002). Además, el drenaje de las arboledas forestales sobre suelos orgánicos reduce las existencias de C del suelo.

*Se incluyen información general y directrices sobre cómo estimar cambios en las existencias de C del suelo en el Capítulo 2, Sección 2.3.3 y se las debe leer antes de continuar con las directrices específicas referidas a las existencias de C de los suelos forestales.* Los cambios de las existencias de C en el suelo relacionados con los bosques se calculan utilizando la Ecuación 2.24 del Capítulo 2, en la que se combinan los cambios en las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales y orgánicos, con los cambios en las existencias de los depósitos de C inorgánico del suelo (Nivel 3 solamente). En esta sección se explican los procedimientos de estimación y las *buenas prácticas* para estimar los cambios en las existencias de C de los suelos forestales orgánicos (Nota: No incluye la hojarasca forestal, es decir, materia orgánica muerta). Se brinda orientación aparte respecto a dos tipos de suelos forestales: 1) suelos forestales minerales, y 2) suelos forestales orgánicos. Véase la Sección 2.3.3.1 en cuanto a un análisis general sobre el C inorgánico del suelo (no se brinda ninguna información adicional en el análisis que sigue referido a Tierras forestales).

A fin de contabilizar los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con *Tierras forestales que permanecen como tales*, los países deben tener, como mínimo, estimaciones de la superficie total de tierras forestales al principio y al final del período de inventario, estratificadas por región climática y por tipo de suelo. Si los datos sobre usos de la tierra y actividades de gestión son limitados, se pueden usar los datos de la actividad del Método 1 (véase el Capítulo 3) como base para un enfoque de Nivel 1, pero es factible que los niveles superiores requieran registros más detallados o el conocimiento por parte de expertos del país respecto a la distribución aproximada de los sistemas de gestión forestal. Las clases de Tierras forestales deben estratificarse de acuerdo con las regiones climáticas y con los principales tipos de suelos, lo que puede lograrse mediante la superposición de mapas climáticos y de suelos apropiados.

#### 4.2.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Los inventarios pueden desarrollarse empleando los métodos de Niveles 1, 2 o 3, y los países pueden elegir entre los diferentes niveles para suelos minerales y orgánicos. En el Capítulo 2, se proporcionan árboles de decisión para suelos minerales (Figura 2.4) y para suelos orgánicos (Figura 2.5) a fin de asistir a los compiladores del inventario en la selección del nivel adecuado para su inventario de C del suelo.

##### **Suelos minerales**

A pesar del volumen creciente de bibliografía sobre el efecto de los tipos de bosques, las prácticas de gestión y otras perturbaciones sobre el C orgánico del suelo, las pruebas disponibles continúan siendo, en gran parte, específicas para cada lugar y para cada estudio, aunque, en algún momento, se las puede generalizar sobre la base de la influencia de las condiciones climáticas, las propiedades del suelo, la escala temporal de interés, teniendo en cuenta la intensidad de los muestreos y los efectos a diferentes niveles de profundidad del suelo (Johnson y Curtis, 2001; Hoover, 2003; Page-Dumroese *et al.*, 2003). No obstante, el conocimiento actual sigue siendo no concluyente en cuanto a la magnitud y a la tendencia de los cambios en las existencias de C en los suelos forestales minerales relacionadas con el tipo de bosque, la gestión y otras perturbaciones, por lo que no admite amplias generalizaciones.

**Nivel 1**

Debido a la incompleta base científica y a la resultante incertidumbre, en el método de Nivel 1, se supone que las existencias de C en los suelos forestales no se modifican por la gestión. Más aun, si se utilizan los datos de la actividad de los Métodos 2 o 3 (véase el Capítulo 3), no es necesario calcular los cambios de las existencias de C para los suelos minerales (es decir que los cambios en las existencias del SOC es 0).

Si se utilizan datos de la actividad recogidos mediante el Método 1 (véase el Capítulo 3) y no resulta posible identificar la cantidad de tierra convertida *de* y *a* tierras forestales, el compilador del inventario debe estimar las existencias de C en el suelo para las tierras forestales empleando las superficies que correspondan al fin del año para el cual se estima el inventario, y las estimaciones de diferencia en más o en menos de suelo forestal. Los cambios en las existencias de C del suelo en tierras forestales se suman a los cambios en las existencias de otros usos de la tierra para estimar la influencia de los cambios en el uso de la tierra. Si el compilador no computa una existencia para tierras forestales, es factible que se produzcan errores sistemáticos en el inventario. Por ejemplo, la tierra convertida de tierras forestales a tierras de cultivo o pastizales tendrá una existencia de C en el suelo estimada para el final del año del inventario, pero no lo tendrá en el primer año del inventario (cuando era forestal). En consecuencia, la conversión a tierras de cultivo o pastizales se estima como ganancia en C del suelo porque se supone que las existencias de C del suelo son equivalentes a 0 en las tierras forestales, pero no en las Tierras de Cultivo ni en los Pastizales. Esto provocaría un sesgo en las estimaciones del inventario. El  $SOC_0$  y el  $SOC_{0-T}$  se estiman para los 30 cm superiores del perfil del suelo utilizando la Ecuación 2.25 (Capítulo 2). Nótese que las zonas de afloramientos rocosos de las tierras forestales no se incluyen en el cálculo de las existencias de C del suelo (se supone una existencia 0).

**Nivel 2**

Empleando la Ecuación 2.25 (Capítulo 2), las existencias de C en el suelo orgánico se calculan sobre la base de existencias de C del suelo de referencia y los factores de cambio de existencias específicos del país para el tipo de bosque ( $F_I$ ), de gestión ( $F_{MG}$ ) y régimen de perturbaciones naturales ( $F_D$ ). Nótese que el factor de cambio de existencias para el régimen natural de perturbaciones naturales ( $F_D$ ) se sustituye por el factor de uso de la tierra ( $F_{LU}$ ) en la Ecuación 2.25. Además, se puede incorporar información específica del país para especificar mejor las existencias de C de referencia, las regiones climáticas, los tipos de suelos y/o el sistema de clasificación de la gestión de la tierra.

**Nivel 3**

Los métodos de Nivel 3 exigen un conocimiento considerable y datos que permitan desarrollar una metodología de estimación local exacta y exhaustiva, incluida la evaluación de resultados del modelo y la puesta en práctica de un esquema de monitorización doméstica y/o una herramienta de modelización. Los elementos básicos de un método específico para un país son (adaptado a partir de Webbnat Land Resource Services Pty Ltd, 1999):

- Estratificación por zonas climáticas, principales tipos de bosques y regímenes de gestión coherentes con los usados para otros depósitos de C en el inventario, especialmente los de biomasa;
- Determinación de los tipos de suelos dominantes en cada estrato;
- Caracterización de los correspondientes depósitos de C del suelo, identificación de los procesos determinantes de los índices de entrada y salida de SOC, y de las condiciones en las que se producen estos procesos, y
- Determinación y aplicación de métodos apropiados para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos forestales para cada estrato, sobre una base operativa, incluidos los procedimientos de evaluación de modelos; es de esperar que las consideraciones metodológicas incluyan la combinación de actividades de monitorización —tales como repetidos inventarios de suelos forestales— y estudios de modelización, así como el establecimiento de sitios con fines comparativos. En la bibliografía científica hay mayor orientación disponible sobre buenas prácticas de monitorización del suelo (Kimble *et al.*, 2003, Lal *et al.*, 2001, McKenzie *et al.*, 2000). Es una *buena práctica* que los modelos desarrollados o adaptados con este propósito sean revisados por pares, validados mediante observaciones representativas de los ecosistemas en estudio e independientes de los datos de calibración.

**Suelos orgánicos****Nivel 1**

Actualmente, el método de Nivel 1 sólo tiene en cuenta las emisiones de C debidas al drenaje de suelos orgánicos forestales a causa de limitaciones de datos y falta de conocimiento que restringe el desarrollo de una metodología por defecto más refinada. Empleando la Ecuación 2.26 (Capítulo 2), los suelos orgánicos forestales drenados se estratifican por tipo de clima y, a continuación, se multiplican por un factor de emisión específico del clima para derivar una estimación de las emisiones anuales de C. Las áreas convertidas en tierras forestales se pueden incluir en la estimación total de la superficie, al usar la representación de la tierra del Método 1, sin datos complementarios, a fin de identificar los cambios en el uso de la tierra.

**Nivel 2**

En cuanto al Nivel 2, se utiliza la misma ecuación básica que en el Nivel 1 (Ecuación 2.26), pero se incorpora información específica del país para especificar mejor los factores de emisión, las regiones climáticas, y/o desarrollar un esquema de clasificación forestal, pertinentes para suelos orgánicos.

**Nivel 3**

La metodología del Nivel 3 implica la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la gestión de los suelos orgánicos forestales, incluyendo todas las actividades antropogénicas que puedan alterar el régimen hidrológico, la temperatura de la superficie y la composición de la vegetación de los suelos orgánicos forestales; así como perturbaciones de importancia como los incendios.

### 4.2.3.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN

**Suelos minerales****Nivel 1**

No es necesario calcular las estimaciones de existencias para *Tierras forestales que permanecen como tales* con los datos de la actividad de los Métodos 2 o 3 (véase el Capítulo 3). Si se usan los datos de la actividad del Método 1, los factores de cambio de existencias, incluidos entradas, gestión y régimen de perturbaciones, son equivalentes a 1 usando el método del Nivel 1. En consecuencia, solo se necesitan las existencias de C de referencia para aplicar el método, y las que se incluyen en el Cuadro 2.3 del Capítulo 2.

**Nivel 2**

En un método del Nivel 2, los factores de cambio de existencias se derivan sobre la base de un esquema de clasificación específico del país en cuanto a gestión, tipos de bosques y regímenes de perturbaciones naturales. Un método de Nivel 2 debe incluir también la derivación de existencias de C de referencia específicas del país, así como una clasificación más detallada del clima y los suelos que las categorías por defecto provistas con el método de Nivel 1.

Constituye una *buena práctica* centrarse en los factores que tienen el mayor efecto total, teniendo en cuenta el impacto sobre el SOC forestal y el alcance de los bosques afectados. A grandes rasgos, las prácticas de gestión se pueden caracterizar como intensivas (p. ej., plantación forestal) o extensiva (p. ej., bosques naturales); también se pueden redefinir estas categorías según las circunstancias nacionales. Es factible que el desarrollo de los factores de cambio de existencias se base en estudios intensivos realizados en estaciones experimentales y en parcelas de muestreo, incluidas las comparaciones replicadas y en sitios apareados (Johnson *et al.*, 2002; Olsson *et al.*, 1996; véanse también las revisiones de Johnson y Curtis, 2001; y Hoover, 2003). En la práctica, puede resultar imposible separar los efectos de los diferentes tipos de bosques, prácticas de gestión y regímenes de perturbaciones, en cuyo caso algunos factores de cambio de existencias se pueden combinar en un único modificador. Si un país cuenta con datos bien documentados de los distintos tipos de bosques bajo diferentes regímenes de gestión, se podrían llegar a derivar las estimaciones de C orgánico del suelo directamente, sin utilizar existencias de C de referencia ni factores de ajuste. No obstante, se debe establecer una relación con las existencias de C de referencia, de manera que el impacto de los cambios en el uso de la tierra se puedan calcular sin incrementos o reducciones artificiales de las existencias de C debidos a una falta de coherencia de los métodos entre las distintas categorías de uso de la tierra (es decir, tierras forestales, Tierras de Cultivo, Pastizales, Asentamientos y Otras Tierras).

También se pueden mejorar los inventarios derivando existencias de C de referencia específicas del país (SOC<sub>ref</sub>), compilada a partir de estudios o sondeos publicados. Habitualmente, estos valores se obtienen mediante el desarrollo y/o la compilación de grandes bases de datos con perfiles de suelos (Scott *et al.*, 2002; Siltanen *et al.*, 1997). En la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2) se brinda orientación adicional para derivar factores de cambio de existencias y existencias de C de referencia.

**Nivel 3**

Es menos factible que los factores constantes de tasa de cambio de existencias *per se* se estimen a cambio de tasas variables que reproduzcan con exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2).

**Suelos orgánicos****Nivel 1**

En el Cuadro 4.6 de la Sección 4.5, se proporcionan factores de emisión por defecto para la estimación de la pérdida de C relacionada con el drenaje de suelos orgánicos.

**Nivel 2**

Los métodos del Nivel 2 implican la derivación de factores de emisión de datos específicos del país. Lo principal a dilucidar es si los tipos de bosques o la gestión, además de las regiones climáticas, se van a subdividir en clases más específicas. Estas decisiones dependen de datos experimentales que demuestren que hay diferencias significativas en las tasas de pérdida de C. Por ejemplo, se pueden desarrollar clases de drenaje para distintos sistemas de gestión forestal. Además, las actividades de gestión pueden perturbar la dinámica del carbono en los suelos orgánicos subyacentes. La cosecha, por ejemplo, puede provocar un incremento del nivel freático debido a la reducción de la intercepción, la evaporación y la transpiración (Dubé *et al.*, 1995).

### Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de emisión *per se* se estimen a cambio de tasas variables que reproduzcan con exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2).

## 4.2.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

### *Suelos minerales*

#### Nivel 1

Para el método de Nivel 1, se supone que las existencias de C de los suelos forestales no cambian con la gestión y que, por lo tanto, no es necesario clasificar los bosques en diferentes tipos, clases de gestión o regímenes de perturbaciones naturales. Sin embargo, si se emplean los datos de la actividad del Método 1 (véase el Capítulo 3), se van a necesitar datos ambientales para clasificar el país por regiones climáticas y tipos de suelos a fin de aplicarle las existencias de C de referencia adecuadas a las tierras forestales. En el Anexo 3A.5 del Capítulo 3 se incluye una descripción detallada del esquema de clasificación climática por defecto. Si la información necesaria para clasificar los tipos de clima no está disponible en las bases de datos nacionales, hay fuentes internacionales de datos climáticos, como la del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. También se van a necesitar datos para clasificar los suelos en las categorías por defecto presentadas en el Capítulo 3 y, si no se cuenta con datos a nivel nacional para mapear los tipos de suelo, los datos internacionales de suelos constituyen una alternativa razonable, por ejemplo el Mapa Mundial de Suelos de la FAO.

#### Nivel 2

Los datos de la actividad para el método de Nivel 2 incluyen los principales tipos de bosques, las prácticas de gestión, los regímenes de perturbaciones y las zonas a las que se aplican. Es preferible que los datos se relacionen con el inventario forestal nacional, de existir, y/o con las bases de datos nacionales de suelos y clima. Los cambios típicos incluyen: conversión de bosques no gestionados a gestionados; conversión de bosque nativo a un nuevo tipo de bosque; intensificación de actividades de gestión forestal, como preparación del terreno, plantación de árboles y cambios en los tiempos de rotación; cambios en las prácticas de cosecha (cosecha de troncos vs. árboles enteros, cantidad de residuos que quedan en el terreno); frecuencia de las perturbaciones (brotes de peste o de enfermedades, inundaciones, incendios, etc.). Las fuentes de los datos varían según el sistema de gestión forestal de cada país, pero podrían incluir contratistas individuales o compañías, autoridades forestales establecidas por ley, instituciones de investigación y organismos responsables de los inventarios forestales. Los formatos de la información son extremadamente variados e incluyen, entre otros, informes de actividad, inventarios de gestión forestal e imágenes de detección remota.

Además, el Nivel 2 debe incluir una estratificación más refinada de los datos ambientales que el método del Nivel 1, incluidos regiones climáticas y tipos de suelos, la que es posible que se base en datos nacionales sobre clima y suelos. Si se utiliza un esquema de clasificación más refinado en un inventario de Nivel 2, las existencias de C de referencia también deben derivarse para el conjunto más detallado de regiones climáticas y tipos de suelos, y los datos sobre gestión de la tierra deben estratificarse sobre la base de la clasificación específica del país.

#### Nivel 3

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o de un inventario directo basado en mediciones en el Nivel 3, se requieren datos similares o más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, en relación con los métodos de los Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

### *Suelos orgánicos*

#### Nivel 1

Los bosques no se estratifican en varios sistemas cuando se aplican los métodos del Nivel 1. No obstante, es necesario estratificar las superficies de tierra por región climática y tipo de suelo (véase el Capítulo 3 en cuanto a orientación sobre clasificación de suelos y climas), de manera que los suelos orgánicos puedan identificarse y que pueda aplicarse el factor de emisión por defecto que corresponda.

**Nivel 2**

Los métodos del Nivel 2 pueden implicar una estratificación más refinada de la gestión, el tipo de bosque o el régimen de perturbaciones, de una manera coherente con los factores de emisión específicos del país para suelos orgánicos. Por ejemplo, los sistemas forestales deben ser estratificados por drenaje si los factores de gestión se derivan por clase de drenaje. Sin embargo, es una *buena práctica* que la clasificación se base en datos empíricos que demuestren diferencias significativas en las tasas de cambio del C para las categorías propuestas. Además, los enfoques de Nivel 2 deben incluir una estratificación más refinada de las regiones climáticas.

**Nivel 3**

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o de un inventario basado en mediciones directas en el Nivel 3, se requieren datos similares o más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, en comparación con los métodos de los Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependerán del diseño del modelo o de la medición.

**4.2.3.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1*****Suelos minerales***

Dado que en el Nivel 1 se supone que no hay cambios en las existencias de C del suelo mineral en las *Tierras forestales que permanecen como tales*, la orientación relativa a los pasos de cálculo no es pertinente.

***Suelos orgánicos***

**Paso 1:** estimar la superficie de suelos orgánicos drenados bajo bosques gestionados de cada región climática del país para cada año o para el último año de cada período de inventario (p. ej., las emisiones del período de inventario comprendido entre 1990 y 2000 se basarían en el uso de la tierra del año 2000, suponiendo que el uso y la gestión de la tierra sólo se conocen para estos dos años durante el período del inventario).

**Paso 2:** seleccionar el factor de emisión apropiado (EF) para las pérdidas anuales de CO<sub>2</sub> (del Cuadro 4.6).

**Paso 3:** estimar las emisiones totales acumulando el producto de la zona (A) multiplicado por el factor de emisión (EF) para todas las zonas climáticas.

**4.2.3.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE**

Hay tres grandes fuentes de incertidumbre en los inventarios de C del suelo: 1) incertidumbres en los datos de la actividad de uso y gestión de la tierra y del medio ambiente; 2) incertidumbres con referencia a las existencias de C en el suelo si se utilizan los métodos de los Niveles 1 o 2 (suelos minerales solamente); y 3) incertidumbres en los factores de cambios en las existencias y de emisión para los métodos de Niveles 1 o 2, error en la estructura/los parámetros del modelo para los métodos basados en el modelo de Nivel 3, o errores de medición/variabilidad en el muestreo relacionados con los inventarios basados en mediciones de Nivel 3. En general, la precisión de un inventario se incrementa (p. ej., menores intervalos de confianza) con mayor muestreo para estimar los valores para las tres categorías generales. Además, es más factible reducir el sesgo (es decir, mejorar la exactitud) mediante el desarrollo de un inventario de nivel superior que incluya información específica del país.

En cuanto al Nivel 1, las incertidumbres se suministran con las existencias de C de referencia en la primera nota al pie del Cuadro 2.3 (Capítulo 2) y las incertidumbres de los factores de emisión para suelos orgánicos en el Cuadro 4.6, Sección 4.5. Las incertidumbres en los datos sobre uso y gestión de la tierra serán abordadas por el compilador del inventario y, posteriormente, combinadas con las incertidumbres de los factores por defecto y las existencias de C de referencia por defecto (suelos minerales solamente) empleando un método apropiado, como simples ecuaciones de propagación de error. Véase la Sección 4.2.1.5 en cuanto a estimación de incertidumbre para estimaciones de superficie de la tierra. No obstante, constituye una *buena práctica* para el compilador del inventario derivar las incertidumbres de los datos de la actividad específicos del país, en lugar de utilizar un nivel por defecto.

Las existencias de C de referencia para suelos minerales y los factores de emisión para suelos orgánicos por defecto pueden contener altos niveles de incertidumbre inherentes, en particular sesgos, cuando se los aplica a países específicos. Los valores por defecto representan a valores de uso de la tierra e impactos de gestión o existencias de C de referencia promediados a nivel mundial que pueden diferenciarse de los valores específicos de una región (Powers *et al.*, 2004; Ogle *et al.*, 2006). Se puede reducir el sesgo derivando factores específicos del país cuando se emplea el método de Nivel 2 o desarrollando un sistema de estimación específico del país de Nivel 3. La base subyacente de los métodos de nivel superior será la investigación realizada en el país o en las regiones vecinas que establezcan el efecto del uso y la gestión de la tierra sobre el C del suelo. Además, es una *buena práctica* minimizar aun más el sesgo contabilizando las diferencias significativas dentro del país en cuanto a impactos del uso y la gestión de la tierra, como son la variación entre regiones climáticas y/o tipos de

suelos, incluso a expensas de una menor precisión en las estimaciones de factores (Ogle *et al.*, 2006). El sesgo se considera más problemático cuando se declaran cambios en existencias porque no está necesariamente considerado en el rango de incertidumbre (es decir, el verdadero cambio en las existencias puede estar fuera del rango de incertidumbre declarado si hay un sesgo significativo en los factores).

Las incertidumbres en las estadísticas de actividad de uso de la tierra pueden reducirse mediante un mejor sistema nacional como desarrollar o ampliar un sondeo basado en el terreno con un mayor número de puntos de muestreo y/o incorporar la teledetección para lograr una cobertura adicional. Es una *buena práctica* diseñar una clasificación en la que se considere la mayor parte de la actividad en uso y gestión del suelo con un tamaño suficientemente amplio para minimizar la incertidumbre a escala nacional.

En cuanto a los métodos de Nivel 2, se incorpora la información específica del país al análisis del inventario a fin de reducir el sesgo. Por ejemplo, Ogle *et al.* (2003) utilizaron datos específicos del país para elaborar funciones de distribución de probabilidades para factores específicos, datos de la actividad y existencias de C de referencia de los Estados Unidos respecto a suelos agrícolas. Constituye una *buena práctica* evaluar las dependencias entre factores, existencias de C de referencia o datos de la actividad de gestión y uso de la tierra. En particular, son comunes las fuertes dependencias en los datos de la actividad de uso y gestión del suelo porque las prácticas de gestión tienden a correlacionarse en el tiempo y el espacio. La combinación de incertidumbres en factores de cambios de existencias/emisiones, existencias de C de referencia y datos de la actividad puede realizarse aplicando métodos tales como el de simples ecuaciones de propagación de errores o procedimientos de Monte-Carlo.

Los modelos de Nivel 3 son más complejos y las simples ecuaciones de propagación de errores pueden no resultar eficaces para cuantificar la incertidumbre asociada de las estimaciones resultantes. Es posible realizar análisis de Monte Carlo (Smith y Heath, 2001), pero puede resultar difícil su realización si el modelo tiene muchos parámetros (algunos modelos pueden tener varios cientos de parámetros) porque se deben elaborar funciones conjuntas de distribución de probabilidades con las que se cuantifique la variancia, así como la covariancia, entre los parámetros. También se dispone de otros métodos, tales como los métodos de base empírica (Monte *et al.*, 1996), en los que se emplean mediciones de una red de monitorización para evaluar estadísticamente la relación entre los resultados medidos y los modelados (Falloon y Smith, 2003). En contraste con la modelización, las incertidumbres de los inventarios en base a mediciones de Nivel 3 pueden determinarse a partir de la variancia de las muestras, de errores en la medición y otras fuentes pertinentes de incertidumbre.

## 4.2.4 Emisiones de gases de efecto invernadero no CO<sub>2</sub> a partir del quemado de biomasa

Tanto los incendios no controlados (naturales) como los gestionados (recomendados) pueden tener un impacto importante sobre las emisiones de gases de efecto invernadero no CO<sub>2</sub> de los bosques. En las *Tierras forestales que permanecen como tales*, se deben contabilizar también las emisiones de CO<sub>2</sub> por el quemado de biomasa ya que, por lo general, no están sincronizadas con las tasas de absorción de CO<sub>2</sub>. Esto adquiere especial importancia después de un incendio natural que implique el reemplazo de arboledas y durante los ciclos de rotación de cultivos en las regiones tropicales. Según el tipo de cambios que se produzca en los bosques (p. ej., conversión de bosques naturales en bosques de plantación), puede haber emisiones netas de CO<sub>2</sub> a partir del quemado de biomasa durante los años iniciales, en particular si se queman cantidades significativas de biomasa leñosa durante la conversión. Sin embargo, a través del tiempo, los impactos no son tan importantes como los resultantes de *Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo o en pastizales*. Las emisiones por incendios durante la conversión del uso de la tierra se declaran en la nueva categoría de uso de la tierra, a menos que se esté utilizando una representación de la superficie de la tierra del Método 1 sin datos complementarios que permitan que las conversiones en el uso de la tierra se identifiquen explícitamente, en cuyo caso las emisiones por incendios de tierras forestales deben incluirse en su totalidad en la categoría de *Tierras forestales que permanecen como tales*.

El método general para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero en *Tierras forestales que permanecen como tales* y en *Tierras convertidas en tierras forestales* se describe en la Ecuación 2.27 del Capítulo 2. Los cuadros por defecto para el método de Nivel 1 o para componentes de un método de Nivel 2 se suministran en la Sección 2.4 del Capítulo 2.

### 4.2.4.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Constituye una *buena práctica* que los países elijan el Nivel apropiado para declarar las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por incendios, sobre la base del árbol de decisiones de la Figura 2.6 del Capítulo 2. Donde los incendios constituyan una categoría principal, se deberá poner énfasis en el uso de un método de

Nivel 2 o 3. En cuanto a los incendios controlados, es necesario contar con datos específicos del país para generar estimaciones fiables de las emisiones, puesto que, en general, los datos de la actividad están mal reflejados en los conjuntos de datos de nivel mundial. En las tierras forestales, para la estimación del flujo neto de carbono, se deben tener en cuenta tanto las emisiones de CO<sub>2</sub> debido al quemado de biomasa como las absorciones de CO<sub>2</sub> resultantes de la regeneración de la vegetación.

#### 4.2.4.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

La masa de combustible disponible para la combustión ( $M_B$  en la Ecuación 2.27) es crítica en la estimación de las emisiones de no-CO<sub>2</sub>. Los datos por defecto que sustentan la estimación de las emisiones bajo el método de Nivel 1 se presentan en los Cuadros 2.4 a 2.6 del Capítulo 2. Los países deben evaluar la forma en la que sus tipos de vegetación se corresponden con las amplias categorías de vegetación descritas en los cuadros por defecto. En el Capítulo 3 (*Representación coherente de las tierras*) se brinda orientación para esto. Es factible que los países que utilicen el Nivel 2 tengan datos desagregados a nivel nacional sobre  $M_B$ , según los tipos de bosques y los sistemas de gestión. La estimación de Nivel 3 requiere estimaciones espaciales de  $M_B$  según los diferentes tipos de bosques, regiones y sistemas de gestión. Con los métodos de estimación de Nivel 3, también se pueden distinguir los incendios de distintas intensidades que traen como resultado distintos consumos de combustible.

#### 4.2.4.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Es necesario contar con estimaciones de la superficie quemada en las *Tierras forestales que permanecen como tales*. Existe una base de datos mundial que cubre la superficie quemada anualmente por incendios, pero esto no proporciona datos confiables respecto a la superficie quemada anualmente por incendios controlados en cada uno de los países. Es una *buena práctica* elaborar estimaciones nacionales de la superficie quemada, con indicación de la naturaleza de los incendios y, especialmente, de cómo afectan la dinámica del carbono en los bosques (p. ej., efectos sobre la mortalidad de los árboles) para mejorar la fiabilidad de los inventarios nacionales. Es factible que los países que utilicen el Nivel 2 tengan acceso a estimaciones nacionales. La estimación de Nivel 3 requiere estimaciones regionales y específicas de tipo de bosques de la superficie afectada por el fuego y de la intensidad de los incendios.

#### Resumen de pasos para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero a partir del quemado de biomasa usando la Ecuación 2.27 del Capítulo 2:

**Paso 1:** empleando la orientación dada en el Capítulo 3 (métodos para representar las superficies de uso de la tierra), categorizar el área de *Tierras forestales que permanecen como tales* por tipos de bosques de diferentes zonas climáticas o ecológicas, según las haya adoptado cada país para la Ecuación 2.27. Obtener estimaciones de A (la superficie quemada) de bases de datos mundiales o de fuentes nacionales.

**Paso 2:** estimar la masa de combustible ( $M_B$ ) disponible para la combustión, en toneladas/ha, la que incluye biomasa, hojarasca y madera muerta.

**Paso 3:** seleccionar el factor de combustión  $C_f$  (valores por defecto del Cuadro 2.6 del Capítulo 2).

**Paso 4:** multiplicar  $M_B$  por  $C_f$  para suministrar una estimación de la cantidad de combustible quemada.. Si se desconocen los valores de  $M_B$  o  $C_f$ , los valores por defecto del producto de  $M_B$  por  $C_f$  se ofrecen en el Cuadro 2.4.

**Paso 5:** seleccionar los factores de emisión  $C_f$  (valores por defecto del Cuadro 2.5 del Capítulo 2).

**Paso 6:** multiplicar los parámetros A,  $M_B$ ,  $C_f$ , (o  $M_B$  por  $C_f$ , Cuadro 2.4) y  $G_{ef}$  para obtener la cantidad de emisión de gases de efecto invernadero producida por el quemado de biomasa.. Repetir los pasos para cada uno de los gases de efecto invernadero.

#### 4.2.4.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Se deben realizar las estimaciones de incertidumbre específicas del país para las *Tierras forestales que permanecen como tales*. Éstas son el resultado del producto de las incertidumbres relacionadas con los datos de la actividad (superficie quemada) por los factores de emisión. Constituye una *buena práctica* suministrar estimaciones de errores (p. ej., rangos, errores estándar) y no usar datos específicos del país (por ejemplo, si es de naturaleza limitada) o enfoques, a menos que esto conduzca a una reducción de las incertidumbres en comparación con un método del Nivel 1.

## 4.3 TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

En esta sección se ofrece orientación metodológica respecto a la estimación anual de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero que se producen en tierras convertidas en tierras forestales correspondientes a otros usos de la tierra, incluidos Tierras de Cultivo, Pastizales, Humedales, Asentamientos y Otras Tierras, mediante repoblación forestal y reforestación, ya sea mediante regeneración natural o artificial (incluso plantaciones). Las emisiones y absorciones en tierras abandonadas, que se regeneran en bosques debido a la actividad humana, también deben estimarse bajo esta sección. Sustituye al método descrito bajo las categorías 5A, 5C y 5D de las *Directrices del IPCC*. La tierras se convierten en tierras forestales mediante la repoblación forestal y la reforestación, ya sea por regeneración natural o artificial (incluso las plantaciones). La conversión antropogénica incluye la promoción de la regeneración natural (p. ej., mejorando el balance hídrico del suelo por drenaje), la creación de plantaciones en tierras no-forestales o en tierras forestales no gestionadas anteriormente, tierras de asentamientos y emplazamientos industriales, abandono de tierras de cultivo, praderas u otras tierras gestionadas, que se regeneran en bosques. Los bosques no gestionados no se consideran como fuentes o sumideros de gases de efecto invernadero antropogénicos y se los excluye de los cálculos de inventario. Cuando estos bosques no gestionados se ven afectados por actividades humanas como la plantación, el entresacado, la promoción de la regeneración natural u otras, cambian de categoría y se convierten en bosques gestionados, que se declaran bajo la categoría *Tierras convertidas en tierras forestales*, cuyas emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero deben incluirse en el inventario y estimarse utilizando la orientación que se indica en esta sección. La conversión de las tierras puede traer como resultado una pérdida inicial de carbono debido a los cambios producidos en la biomasa, la materia orgánica muerta y el carbono del suelo. En cambio, la regeneración natural o las prácticas de plantación acarrearán una acumulación de carbono y esto tiene relación con los cambios producidos en la superficie de las plantaciones y en sus existencias de biomasa.

Las tierras convertidas se consideran tierras forestales si, después de la conversión, se corresponden con la definición de bosque adoptada por el país. En esta sección, referida al inventario nacional de gases de efecto invernadero, se trata de las *Tierras convertidas en tierras forestales* hasta el momento en el que el carbono del suelo de los nuevos bosques alcanza un nivel estable. Se sugiere un período por defecto de 20 años<sup>3</sup>. Los ecosistemas forestales pueden requerir un cierto tiempo para volver al nivel de biomasa, suelo estable y depósitos de hojarasca de su estado sin perturbaciones. Teniendo presente lo antedicho y a todos los efectos prácticos, se sugiere el intervalo por defecto de 20 años. Los países tienen también la opción de prolongar la duración del período de transición. Una vez transcurridos los 20 años o el intervalo elegido, las tierras convertidas se convierten en bosques, es decir, las superficies de tierra se transfieren de la categoría *Tierras convertidas a tierras forestales* a *Tierras forestales que permanecen como tales* (Sección 4.2), en las que, de ser necesario, las superficies que recién se están estableciendo se pueden tratar como estrato aparte. La tala seguida de regeneración se debe considerar bajo la categoría de *Tierras forestales que permanecen como tierras forestales*, dado que no implica un cambio en el uso de la tierra.

Algunas tierras abandonadas pueden ser demasiado poco fértiles, salinas o erosionadas como para que se produzca una regeneración forestal. En este caso, la tierra permanece en su estado actual o, en el futuro, puede degradarse y perder materia orgánica. Pueden omitirse las tierras que permanezcan constantes en cuanto a flujo de carbono. Sin embargo, en algunos países, la degradación de las tierras abandonadas puede constituir un problema significativo y podría ser una fuente importante de CO<sub>2</sub>. Donde las tierras continúan degradándose, tanto la biomasa de la superficie como el carbono del suelo pueden reducirse rápidamente, p. ej., debido a la erosión. El carbono del suelo erosionado podría volver a depositarse en ríos, lagos o en otras tierras corriente abajo. En los países en los que hay superficies significativas de estas tierras, este aspecto debe considerarse en un cálculo más refinado.

**Clasificación de las tierras:** las *Tierras convertidas en tierras forestales* pueden clasificarse sobre la base del dominio climático y de las zonas ecológicas, así como de las clases de cobertura de las copas forestales. Las existencias de carbono varían con el clima, la bioma o el tipo de bosque, la mezcla de especies, las prácticas de gestión, etc. Constituye una *buena práctica* estratificar las tierras en subcategorías homogéneas (véase el Capítulo 3) para reducir la incertidumbre en las estimaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero.

<sup>3</sup> Está claro que a la mayoría de los ecosistemas forestales les va a llevar más de 100 años volver al nivel de biomasa, de suelo y de depósitos de hojarasca en un estado sin perturbaciones; no obstante, las actividades inducidas por el hombre pueden mejorar el índice de retorno al estado estable de las existencias de carbono. Teniendo presente lo antedicho y a todos los efectos prácticos, se sugiere el intervalo por defecto de 20 años para captar el establecimiento de los ecosistemas forestales. Los países tienen también la opción de prolongar la duración del período de transición, aunque se va a requerir un período de transición coherente para que la representación de la superficie de tierra en el sistema de matriz de uso de la tierra funcione correctamente.

La estimación de las emisiones y absorciones de carbono producidas por la conversión en el uso de la tierra a tierras forestales se divide en tres subsecciones: Cambios en las existencias de carbono en la biomasa (Sección 4.3.1), Cambios en las existencias de carbono en la materia orgánica muerta (Sección 4.3.2) y Cambios en las existencias de carbono en el suelo (Sección 4.3.3). Los cambios anuales en las existencias de carbono de las *Tierras convertidas en tierras forestales* se calculan empleando las Ecuaciones 2.2 y 2.3 del Capítulo 2, sobre la base de los cambios anuales de las existencias de carbono en la biomasa, en la materia orgánica muerta (incluidas la madera muerta y la hojarasca) y en el suelo. Los cambios en las existencias de carbono en *Tierras convertidas en tierras forestales* se estiman considerando:

- los cambios anuales de las existencias de carbono en la biomasa aérea y subterránea
- los cambios anuales de las existencias de carbono en la materia orgánica muerta, la que incluye madera muerta y hojarasca
- los cambios de las existencias de carbono en el suelo

El método para calcular las emisiones de no-CO<sub>2</sub> se describe en la Sección 4.3.4 sobre la base de métodos proporcionados en el Capítulo 2.

La aplicación de estos métodos sólo será posible si se aplica la representación de la superficie de tierra de los Métodos 2 o 3, según lo establecido en el Capítulo 3, o los datos del Método 1 con información complementaria a fin de permitir que se identifiquen las conversiones en el uso de la tierra. Las medidas a tomar en este caso ya se han identificado en la Sección 4.2 precedente (*Tierras forestales que permanecen como tales*).

## 4.3.1 Biomasa

En esta sección se ofrece orientación metodológica para el cálculo de las emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> producidas por los cambios en la biomasa de *Tierras convertidas en tierras forestales*. Sustituye a la metodología provista para declarar las categorías «Cambios en las existencias de biomasa forestal y de otras biomasa leñosas» y «Abandono de Tierras Gestionadas» de las *Directrices del IPCC* según se las aplica a bosques recientemente creados.

### 4.3.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

En esta sección se ofrece orientación metodológica para el cálculo de las emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> producidas por los cambios en la biomasa de *Tierras convertidas en tierras forestales*. Sobre la base del análisis de las categorías principales, de los datos de la actividad y de los recursos disponibles, se sugieren tres métodos de distinto nivel para estimar los cambios en las existencias de biomasa. El árbol de decisiones de la Figura 1.3 del Capítulo 1 muestra un método que constituye una *buena práctica* para seleccionar el método para calcular las emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> en la biomasa de *Tierras convertidas en tierras forestales*.

#### Nivel 1

Los cambios anuales de las existencias de carbono en la biomasa se estiman empleando la Ecuación 2.7 del Capítulo 2. El Nivel 1 sigue el método por defecto. Implica el uso de los parámetros por defecto provistos en la Sección 4.5. Este enfoque se puede aplicar también si no se dispone de datos sobre los usos anteriores de la tierra, lo que puede ser el caso cuando se estiman superficies utilizando el Método 1 del Capítulo 3. Implica el uso de los parámetros por defecto proporcionados en los Cuadros 4.1 a 4.14.

**Incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa,  $\Delta C_G$**  Deberán realizarse los cálculos de  $\Delta C_G$  según la Ecuación 2.9 del Capítulo 2. Dado que el índice de crecimiento de los árboles depende mucho del régimen de gestión, se debe distinguir entre los bosques bajo gestión intensiva (p. ej., plantación forestal) y bajo gestión extensiva (arboledas que se regeneran naturalmente con una reducida o mínima intervención humana). Los bosques gestionados intensiva y extensivamente pueden estratificarse aun más según el clima, las especies, las prácticas de gestión, etc. Por ende, el incremento anual de las existencias de carbono puede estimarse por separado para bosques gestionados intensiva y extensivamente, empleando la Ecuación 2.9 dos veces. En primer lugar, para bosques bajo gestión intensiva, utilizando la superficie que corresponda ( $A_I$ ) y el respectivo crecimiento medio anual de biomasa ( $G_{Total}$ ) para bosques bajo gestión intensiva y, en segundo lugar, para bosques bajo gestión extensiva, empleando la superficie que corresponda y los datos del crecimiento medio anual de biomasa ( $G_{Total}$ ) para bosques bajo gestión extensiva.  $G_{Total}$  se calcula aplicando la Ecuación 2.10 del Capítulo 2 y los cuadros con datos por defecto de la Sección 4.5. Tanto los bosques bajo gestión intensiva como aquellos bajo gestión extensiva se pueden estratificar aun más sobre la base del clima, de las especies, de las prácticas de gestión forestal, etc. Los datos por defecto para bosques bajo gestión extensiva e intensiva de los cuadros se deben seleccionar teniendo presente la composición en cuanto a especies de árboles y la región

climática. Los datos por defecto para bosques bajo gestión extensiva e intensiva deben tomarse de la Sección 4.5, según corresponda.

**Reducción anual de las existencias de carbono en la biomasa debida a pérdidas,  $\Delta C_L$ .** La pérdida de biomasa por la recogida de madera ( $L_{\text{remoción-bosques}}$ ), a la recogida de madera combustible ( $L_{\text{madera-combustible}}$ ) y a perturbaciones ( $L_{\text{perturbación}}$ ) atribuida a las *Tierras convertidas en tierras forestales* se estima empleando la Ecuación 2.11 del Capítulo 2.

La pérdida de biomasa debida a la recogida de madera ( $L_{\text{remoción-bosques}}$ ) se estima empleando la Ecuación 2.12 del Capítulo 2, y los valores por defecto de densidad básica de la madera, así como los datos sobre tala de rollizos de madera, factor de expansión de la conversión de biomasa, relación entre biomasa aérea y biomasa subterránea (R) y fracción de carbono de la materia seca (CF), que pueden verse en los cuadros de la Sección 4.5. La pérdida de biomasa debida a la recogida de madera combustible ( $L_{\text{madera-combustible}}$ ) se estima empleando la Ecuación 2.13, los datos de recogida de madera combustible y el  $BCEF_R$  que corresponda para las existencias en crecimiento, R y CF de los cuadros por defecto de la Sección 4.5. La ( $L_{\text{perturbación}}$ ) puede estimarse utilizando la Ecuación 2.14 del Capítulo 2, la superficie de perturbación, la biomasa promedio de existencias en crecimiento de tierras afectadas por perturbaciones y los valores respectivos de R y CF a partir de los cuadros por defecto de la Sección 4.5.  $\Delta C_L$  se debe suponer como 0, si no se cuenta con datos sobre pérdidas (para la Ecuación 2.11). Para evitar el cómputo doble o las omisiones, se deberá mantener una declaración coherente de la pérdida de biomasa en las Secciones 4.2.1 y 4.3.1.

## Nivel 2

El método de Nivel 2 es similar al del Nivel 1, pero se utilizan datos derivados a nivel nacional y datos de la actividad más desagregados, lo que permite estimaciones más precisas de los cambios producidos en las existencias de carbono de la biomasa. Las recogidas anuales netas de  $CO_2$  se calculan como la suma del incremento de biomasa debido al crecimiento de ésta en tierras convertidas, a cambios debidos a la conversión real (diferencia entre las existencias de biomasa antes y después de la conversión) y pérdidas en tierras convertidas (Ecuaciones 15 y 16, Capítulo 2).

Además de los valores por defecto, la aplicación del Nivel 2 (Ecuación 2.15) requiere datos a nivel nacional sobre: i) superficie convertida anualmente a forestal; ii) crecimiento promedio anual de las existencias de carbono en biomasa por hectárea en tierras convertidas obtenido, por ejemplo, de inventarios forestales (no se pueden suministrar datos por defecto); iii) cambios en el carbono de la biomasa cuando se convierten tierras no-forestales en tierras forestales; y iv) emisiones debidas a pérdidas de biomasa en tierras convertidas. El método puede requerir información sobre usos anteriores de la tierra, así como conocimiento de la matriz de cambios en el uso de la tierra (véase el Cuadro 3.4 del Capítulo 3) y de las existencias de carbono en esas tierras.

$\Delta C_G$  se debe estimar empleando la Ecuación 2.9, donde la superficie (A) de *Tierras convertidas a tierras forestales* se debe considerar por separado, junto con los incrementos medios anuales respectivos para bosques bajo gestión intensiva y extensiva (posteriormente categorizados sobre la base de especies, clima, etc.) y acumulados. El incremento anual promedio de la biomasa en bosques gestionados se calcula según el método de Nivel 2 como se señala en la Sección 4.2.1, *Tierras forestales que permanecen como tales*, y en la Ecuación 2.10 del Capítulo 2, sobre la base de información específica del país sobre el crecimiento anual promedio de la biomasa en volumen venal por hectárea en tierras convertidas en forestales (obtenida, por ejemplo, de inventarios forestales) y sobre densidad básica de la madera, factores de conversión y expansión de la biomasa, y relación entre biomasa subterránea y biomasa aérea.

$\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$  contabiliza los cambios iniciales en las existencias de biomasa resultantes de la conversión en el uso de la tierra; p. ej., parte de la biomasa se puede retirar mediante desbroce de tierras, repoblación u otras actividades inducidas por el hombre aplicadas a la tierra con anterioridad a la regeneración artificial o natural. Estos cambios en las existencias de carbono en la biomasa se calculan aplicando la Ecuación 2.16 del Capítulo 2. Para esto se requieren estimaciones de las existencias de biomasa en tierras del tipo *i* antes ( $B_{\text{ANTES}_i}$ ) y después ( $B_{\text{DESPUÉS}_i}$ ) de su conversión a toneladas d.m. há<sup>-1</sup>, superficie de uso de la tierra *i* convertida a tierras forestales ( $\Delta A_{\text{A\_BOSQUES}_i}$ ) en un año dado, y la fracción de carbono de la materia seca (CF).

El cálculo de  $\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$  se puede aplicar separadamente para contabilizar las existencias de carbono en tipos específicos de tierras (ecosistemas, tipos de lugares, etc.) antes de la transición. La  $\Delta A_{\text{A\_BOSQUES}_i}$  se refiere al año de inventario en particular para el que se realiza el cálculo.

$\Delta C_L$  se estima empleando la Ecuación 2.11 del Capítulo 2. La pérdida de biomasa debido a retirada de madera ( $L_{\text{remoción-bosques}}$ ), a retirada de madera combustible ( $L_{\text{madera-combustible}}$ ), y a perturbaciones ( $L_{\text{perturbación}}$ ) deberá estimarse mediante el uso de las Ecuaciones 2.12 a 2.14 del Capítulo 2. Se alienta a los compiladores de inventario a que desarrollen valores específicos de densidad de la madera y BEF o BCEF para incremento de existencias en crecimiento y cosechas para aplicarlos en la Ecuación 2.12 (para el cálculo de Nivel 2). En el Capítulo 2 se describe el método para el cálculo de las pérdidas de biomasa producidas por la recogida de

madera combustible ( $L_{\text{madera-combustible}}$ ) y por perturbaciones ( $L_{\text{perturbación}}$ ).  $\Delta C_L$  deberá suponerse como 0, si no se cuenta con datos sobre pérdidas. Constituye una *buena práctica* asegurar la coherencia de los informes sobre pérdidas de biomasa entre las Secciones 4.2.2 y 4.2.3 a fin de evitar sobreestimaciones y subestimaciones debidas a cómputo doble o a omisiones.

### Nivel 3

El Nivel 3 deberá utilizarse cuando la conversión de tierras a tierras forestales constituya una categoría principal y produzca cambios significativos en las existencias de carbono. Se pueden seguir las mismas ecuaciones y los mismos pasos que en el Nivel 2 o usar métodos y modelos más complejos pero, en ambos casos, se puede hacer uso de métodos nacionales sustanciales y datos específicos del país. Las Ecuaciones 2.15 y 2.16 se pueden explicar sobre la base de una escala geográfica más refinada y de la subdivisión por tipo de bosque, especies y tipo de tierras antes de la conversión. Las metodologías definidas del país se pueden basar en inventarios forestales regulares o en datos georeferenciados y (o) modelos para contabilizar cambios en la biomasa. Los datos nacionales de la actividad pueden tener una alta resolución y estar disponibles para todas las categorías de tierras convertidas y tipos de bosques establecidos en ellos. Es una *buena práctica* describir y documentar la metodología según lo indicado en el Volumen 1, Capítulo 8 (Orientación y cuadros para generación de informes).

### *Transferencia de biomasa a materia orgánica muerta*

Durante el proceso de conversión de la tierra a tierras forestales, así como durante el proceso de extracción de biomasa durante la tala, el componente no comercial de la biomasa se abandona en el suelo forestal o se transfiere a materia orgánica muerta. Véase la Sección 4.3.2 por una descripción del método y a las hipótesis respecto al destino de la materia orgánica muerta.

## 4.3.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

### *Incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa, $\Delta C_G$*

Los cálculos se distinguen entre dos prácticas de gestión generales: intensiva (p. ej., plantación forestal con preparación del terreno, plantación de especies seleccionadas y fertilización) y extensiva (regeneración natural con un mínimo de intervención humana). Estas categorías también se pueden refinar según las circunstancias nacionales; por ejemplo, sobre la base del origen de las arboledas (p. ej., regeneración natural o artificial, repoblación, promoción de la regeneración natural, etc.), del clima, de la especie, de la práctica de gestión, etc.

### Nivel 1

Los métodos para el cálculo de la biomasa total requieren depósitos de biomasa aéreas y subterráneas (en cuanto a descripciones de los depósitos, véase el Capítulo 1). Los cuadros de la Sección 4.5 representan los valores por defecto del crecimiento anual promedio en biomasa aérea de bosques gestionados intensiva (plantaciones) y extensivamente (regenerados naturalmente), conversión de biomasa y factores de expansión, relación biomasa aérea vs. biomasa subterránea, y fracción de carbono de la materia seca (CF). Se debe usar la relación biomasa subterránea/biomasa aérea para contabilizar la biomasa subterránea en las estimaciones del total de biomasa. La densidad básica de la madera y los factores de expansión de la biomasa permiten el cálculo de  $\Delta C_G$ , según lo descrito en la Sección 4.2.1 *Tierras forestales que permanecen como tales*. Es una *buena práctica* explorar todos los valores por defecto regionales o de otro carácter que correspondan al país.

### Nivel 2

Constituye una *buena práctica* determinar, siempre que resulte posible, los valores de incremento anual, la relación biomasa subterránea vs. biomasa aérea, la densidad básica de la madera, y los factores de conversión y de expansión de la biomasa que resulten apropiados para las condiciones nacionales y utilizarlos en los cálculos de Nivel 2. Además, estas categorías se pueden refinar según las circunstancias del país, por ejemplo, sobre la base del origen de las arboledas (naturales o de regeneración artificial, repoblación, promoción de la regeneración natural, etc.), del clima, de la composición en especies, y del régimen de gestión. Ulteriores estratificaciones se pueden referir a la composición en especies arbóreas, al régimen de gestión, a la edad de las arboledas, a la región climática y al tipo de suelo, etc. Se alienta a los países a que obtengan los incrementos específicos de la biomasa y los factores de expansión mediante esfuerzos de investigación. Se suministra orientación adicional en la Sección 4.2.1.

### Nivel 3

El incremento de las existencias de carbono en la biomasa se pueden estimar sobre la base de datos específicos del país sobre el crecimiento anual de la biomasa y la fracción de carbono en la biomasa originados en inventarios forestales, parcelas de muestreo, investigación y (o) modelos. Los compiladores del inventario deben garantizar que los modelos y los datos de los inventarios forestales se hayan documentado correctamente y estén descritos siguiendo los requisitos destacados en el Volumen 1, Capítulo 8.

***Cambio en las existencias de biomasa de la tierra antes y después de la conversión,*** **$\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$** 

Los cálculos de las existencias de biomasa antes y después de la conversión deben realizarse empleando valores coherentes con otros usos de la tierra. Por ejemplo, se deberán utilizar valores comparables de existencias de carbono para estimar las existencias iniciales de carbono de los Pastizales convertidos en Tierras forestales y los cambios en la biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales*.

**Nivel 1**

No se requiere la estimación de la  $\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$  para los cálculos de Nivel 1.

**Nivel 2**

Constituye una *buena práctica*, siempre que resulte posible, conseguir y utilizar datos específicos del país sobre las existencias en la biomasa de la tierra antes y después de la conversión. Las estimaciones deben ser coherentes con las que se emplearon en los cálculos de los cambios en las existencias de carbono en tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras, y se las debe obtener de organismos o sondeos nacionales. El Nivel 2 puede implicar el uso de una combinación de datos específicos del país con datos por defecto. Por valores por defecto de existencias de biomasa en la tierra antes de la conversión, véanse otras secciones de este Volumen.

**Nivel 3**

Las estimaciones y los cálculos deben realizarse sobre la base de inventarios forestales y/o de datos de modelos. Los inventarios, modelos y datos forestales deben documentarse siguiendo los procedimientos descritos en el Volumen 1, Capítulo 8.

***Cambios en las existencias de carbono en la biomasa debidos a pérdidas,  $\Delta C_L$*** 

La retirada de madera y de madera combustible, así como las perturbaciones naturales —como los derribos por el viento, los incendios y los ataques de insectos— producen pérdidas de carbono en las *Tierras convertidas en tierras forestales* que deben declararse según el método de *buena práctica* descrito en la Sección 4.2.1. Este método es totalmente aplicable y deberá utilizarse para los cálculos que corresponda según la Sección 4.2.2. Si los cambios en las existencias de carbono se derivan de inventarios forestales de rutina, las pérdidas por retirada de madera y perturbaciones quedarán cubiertas sin necesidad de declararlas por separado. Constituye una *buena práctica* asegurar la coherencia de la declaración de pérdidas de biomasa entre las Secciones 4.2.1 y 4.2.2 a fin de evitar el cómputo doble o las omisiones.

Los datos sobre corte de rollizos de madera deben obtenerse de fuentes nacionales o de la FAO. Es de hacer notar que los datos de la FAO sobre corte están referidos a rollizos de madera venables sobre corteza. La fracción de corteza en la madera recolectada (BF) debe aplicarse para contabilizar la corteza en retiradas de madera por cosecha. Si el corte es significativo en el país, se alienta a los compiladores del inventario a utilizar datos de la cosecha nacional o a derivar valores de BF específicos del país.

En la mayoría de los países, es factible que la información sobre la superficie perturbada no esté disponible para las dos subcategorías, *Tierras forestales que permanecen como tales* y *Tierras convertidas en tierras forestales*. Dado que, en la mayoría de los casos, la superficie de estas últimas es menor que la de las primeras, todas las perturbaciones se pueden aplicar a *Tierras forestales que permanecen como tales*, o la superficie perturbada se puede prorratear entre ambas subcategorías.

Normalmente, los datos sobre consumo de madera combustible no se declaran por separado para *Tierras forestales que permanecen como tales* y *Tierras convertidas en tierras forestales*. Por ende, es factible que los datos por defecto sobre madera combustible se declaren bajo *Tierras forestales que permanecen como tales*. Se debe hacer una verificación cruzada de la declaración sobre madera combustible entre las dos subcategorías de tierras a fin de evitar el cómputo doble, verificando lo declarado sobre madera combustible en las *Tierras forestales que permanecen como tales*.

**4.3.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD*****Superficie de tierra convertida en forestal,  $\Delta A_{\text{A\_BOSQUES}}$*** 

Todos los niveles requieren información sobre áreas convertidas en Tierras forestales durante los 20 años anteriores al año del inventario. Una vez transcurridos 20 años u otro intervalo elegido, las tierras convertidas a tierras forestales, según lo definido en el país, deben transferirse a *Tierras forestales que permanecen como tales*, y contabilizarse según lo indicado en la Sección 4.2. Se deberán usar los mismos datos de superficies para las Secciones 4.3.2 (Cambios en las existencias de carbono en materia orgánica Muerta), 4.3.3 (Cambios en las existencias de carbono en el suelo) y 4.3.4 (Emisiones de gases no-CO<sub>2</sub> de efecto invernadero). Si es posible, estas superficies deberán desagregarse aun más a fin de considerar los principales tipos de suelos y densidades de biomasa de las tierras antes y después de la conversión. En el Recuadro 4.3 se dan ejemplos de un método que constituye una *buena práctica* para la identificación de tierras convertidas en tierras forestales. Según la

disponibilidad de datos nacionales, los compiladores del inventario pueden también elegir un método de *buena práctica* sobre la base de los métodos suministrados en el Capítulo 3.

Se deben usar diferentes tasas de crecimiento de la biomasa para los cálculos de las existencias de biomasa en bosques con regeneración natural en tierras abandonadas y para plantaciones forestales. Para realizar los cálculos según los Niveles 2 y 3, se alienta a los compiladores a que obtengan información sobre los tipos de uso anteriores de las tierras convertidas en tierras forestales.

#### **Nivel 1**

Se pueden obtener datos de la actividad a través de estadísticas nacionales, de organismos forestales (información sobre zonas de diferentes prácticas de gestión), organismos de conservación (zonas de regeneración natural), municipalidades y organismos de sondeo y mapeo. Se pueden utilizar dictámenes de expertos para determinar si los nuevos bosques se gestionan predominantemente en forma intensiva o extensiva, si no se dispusiera de datos registrados. Si se comienza a disponer de datos sobre zonas gestionadas de manera intensiva y extensiva, se los deberá utilizar para dividir aun más las zonas y obtener estimaciones más exactas. Se deben aplicar verificaciones cruzadas para asegurar una representación completa y coherente de los datos, a fin de evitar omisiones o cálculos dobles. Si no se dispone de datos del país, se puede obtener información agregada de fuentes de datos internacionales (FAO, 2001; TBFRA, 2000).

#### **Nivel 2**

Se debe contar con información sobre las zonas bajo diferentes usos de la tierra sujetas a conversión durante un año o un lapso de años dado. Pueden proceder de fuentes de datos nacionales y de una matriz de cambios en el uso de la tierra o su equivalente que cubra todas las transiciones posibles a tierras forestales. Los conjuntos de datos nacionales definidos por el país deberán tener una suficiente resolución como para asegurar una correcta representación de las superficies de tierra según lo previsto en el Capítulo 3 de este Volumen. Es importante estimar la superficie convertida a forestal mediante regeneración natural y plantación.

#### **Nivel 3**

Se deberá disponer de datos de la actividad nacionales referidos a conversión de tierras a tierras forestales mediante regeneración natural y artificial de diferentes fuentes y, particularmente, de inventarios forestales nacionales, registros de uso de la tierra y de cambios en el uso de la tierra y teledetección, según lo descrito en el Capítulo 3 de este Volumen. Estos datos deberían proporcionar estimaciones completas de todas las transiciones en el uso de la tierra a tierras forestales y, posteriormente, pueden desagregarse por clima, suelos y tipos de vegetación. Habitualmente, se dispone de datos sobre superficies bajo plantación por especies y por edad de las arboledas.

**RECUADRO 4.3 EJEMPLOS DE UN MÉTODO QUE CONSTITUYE UNA BUENA PRÁCTICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES**

Los sistemas nacionales de gestión de tierras pueden permitir la identificación de los cambios en el uso de la tierra, y los sistemas de censos territoriales que se implementan en muchos países también permiten lograr una representación coherente y un seguimiento de los cambios en el uso de la tierra. Los compiladores del inventario nacional deben obtener datos de los sistemas de gestión territorial o de los censos y utilizarlos como base para la identificación de las tierras convertidas. Hay datos de conversión de tierras que se pueden obtener directamente de compañías, propietarios privados, ministerios y organismos que desempeñan ciertas actividades en las tierras convertidas.

En algunos países, se han diseñado sistemas contables especiales para estimar las emisiones y absorciones en las tierras convertidas. El Sistema Nacional Australiano de Contabilización del Carbono (NCAS, del inglés *National Carbon Accounting System*) <<http://www.greenhouse.gov.au/>> es un ejemplo de *buena práctica* para la identificación de conversión de tierras. El NCAS es una herramienta sofisticada basada en un modelo que incluye datos de censos de recursos, estudios de campo y teledetección. Funciona a altas escalas espaciales y temporales. El NCAS se ocupa de todos los sectores de actividad en los sistemas territoriales, incluidos los depósitos de carbono y todos los gases de efecto invernadero según se vean afectados por actividades antropogénicas. Permite hacer un seguimiento de las actividades de repoblación forestal y reforestación dentro del territorio del país, así como estimar las emisiones y absorciones que les corresponden. En cuanto la nueva información ingresa al NCAS, los datos del inventario se actualizan permanentemente. El diseño y la implementación del NCAS y de sus componentes han estado sujetos a exhaustivas revisiones por pares y al régimen de garantía de calidad/control de calidad.

Se están desarrollando sistemas similares en Nueva Zelanda (Stephens *et al.*, 2005; Trotter *et al.*, 2005), Canadá (Kurz y Apps, 2006) y otros países. El empleo de tales sistemas de gestión de la tierra contribuye al desarrollo de inventarios de alta calidad y reduce los niveles de incertidumbre dentro del sector.

#### 4.3.1.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

*A continuación se resumen los pasos a dar para estimar el cambio en las existencias de carbono en biomasa ( $\Delta C_B$ ) empleando métodos por defecto*

**Paso 1:** estimar la superficie convertida a tierras forestales (durante un lapso de 20 años previos al año del inventario) de otras categorías de uso de la tierra, tales como tierras de cultivo, pastizales y asentamientos. Véase el Capítulo 3 en cuanto a métodos detallados para estimar las *Tierras convertidas en tierras forestales*.

**Paso 2:** desagregar la superficie convertida en tierras forestales según se trate de bosques gestionados en forma intensiva (mediante plantación forestal) y en forma extensiva (a través de regeneración natural) sobre la base del método utilizado para la conversión.

**Paso 3:** calcular la pérdida inicial de biomasa relacionada con la conversión de las tierras,  $\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$  (Ecuación 2.16). Esto se puede estratificar empleando métodos de conversión de tierras.

**Paso 4:** estimar el incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa debido al crecimiento en las *Tierras convertidas en tierras forestales* ( $\Delta C_G$ ), para bosques gestionados en forma intensiva a nivel de especies y de otras subcategorías, empleando las Ecuaciones 2.9 y 2.10 del Capítulo 2. Estimar el incremento anual de la biomasa a nivel de especies y de otras subcategorías.

**Paso 5:** estimar el incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa que crece en las *Tierras convertidas en tierras forestales* ( $\Delta C_G$ ), para bosques gestionados en forma extensiva a nivel de especies y de otras subcategorías, empleando las Ecuaciones 2.9 y 2.10 del Capítulo 2.

**Paso 6:** estimar la pérdida anual o la reducción de la biomasa ( $L_{\text{remoción-bosques}}$ ) debida a talas comerciales (madera industrial y leños serrados) aplicando la Ecuación 2.12 del Capítulo 2.

**Paso 7:** estimar la pérdida de biomasa debida a la retirada de madera combustible ( $L_{\text{madera-combustible}}$ ) en *Tierras convertidas en tierras forestales* usando la Ecuación 2.13 del Capítulo 2.

**Paso 8:** estimar la pérdida anual de carbono debida a perturbaciones u otras pérdidas ( $L_{\text{perturbación}}$ ) empleando la Ecuación 2.14 del Capítulo 2.

**Paso 9:** estimar la pérdida total de carbono de la biomasa debida a retirada de madera, de madera combustible y a perturbaciones ( $\Delta C_L$ ) empleando la Ecuación 2.11 del Capítulo 2.

**Paso 10:** estimar los cambios anuales en las existencias de carbono en biomasa ( $\Delta C_B$ ) de *Tierras convertidas en tierras forestales* empleando la Ecuación 2.15 del Capítulo 2.

**Ejemplo:** En el siguiente ejemplo se muestran los cálculos del Método de pérdidas y ganancias (Nivel 1) para obtener los cambios anuales de las existencias de carbono en biomasa ( $\Delta C_B$  en la Ecuación 2.7 del Capítulo 2) para un país hipotético en una zona forestal continental templada de Europa (Cuadro 4.1, Sección 4.5). La superficie de tierras no forestales convertidas en tierras forestales (A) dentro del país es de 1 000 há (véase el Capítulo 3 en cuanto a categorización de superficies); El nuevo bosque es una plantación de pinos de 9 años de edad, bajo gestión intensiva, cuyo volumen promedio de crecimiento aéreo de existencias es de  $10 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}$ . Retirada por entresacado de  $100 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$  de rollizos venables sobre corteza (H); se retiraron  $50 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$  de árboles enteros ( $FG_{\text{árboles}}$ ) como madera combustible. La superficie que sufre perturbaciones por insectos ( $A_{\text{perturbación}}$ ) es de  $50 \text{ há año}^{-1}$  con biomasa aérea afectada de  $1,0 \text{ ton d.m. há}^{-1}$ .

La **ganancia anual en biomasa** ( $\Delta C_G$ ) es el producto del incremento anual medio de la biomasa ( $G_{\text{TOTAL}}$ ), la superficie de tierra convertida a tierras forestales (A) y la fracción de carbono de la materia seca (CF); Ecuación 2.9 del Capítulo 2.

$G_{\text{TOTAL}}$  se calcula empleando aplicando el incremento anual de biomasa aérea ( $G_W$ ), la relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), (Ecuación 2.10 del Capítulo 2) y los cuadros de datos por defecto, Sección 4.5.

Para el país hipotético,

$$G_W = 4,0 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ (Cuadro 4,12); y}$$

$$R = 0,40 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea } < 50 \text{ ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4 con referencia al Cuadro 4.8 para biomasa aérea);}$$

$$G_{\text{TOTAL}} = 4,0 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \bullet (1 + 0,40) = 5,6 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.10)}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3)}$$

$$\Delta C_G \text{ (Ecuación 2.9):} = 1 \text{ 000 há año}^{-1} \bullet 5,6 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \bullet 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \\ = 2 \text{ 632 ton C año}^{-1}$$

La **pérdida de biomasa** ( $\Delta C_L$ ) es la suma de la pérdida anual debida a recogidas de madera ( $L_{\text{remoción-bosques}}$ ), recogida de madera combustible ( $L_{\text{madera-combustible}}$ ) y perturbaciones ( $L_{\text{perturbación}}$ ), Ecuación 2.11 del Capítulo 2.

La *recogida de madera* ( $L_{\text{remoción-bosques}}$ ) se calcula con la Ecuación 2.12 del Capítulo 2, incluyendo madera en rollizos venable sobre corteza (H), factor de expansión de la conversión de biomasa ( $BCEF_R$ ), fracción de corteza en la madera recolectada (BF), relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), fracción de carbono de la materia seca (CF) y cuadros por defecto de la Sección 4.5. Para el país hipotético,

$$BCEF_R = 2,0 \text{ ton d.m. m}^{-3} \text{ (Cuadro 4.5 con referencia al volumen de existencias en crecimiento } 10 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}\text{);}$$

$$BEF \text{ por defecto} = 0,1 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1}\text{;}$$

$$R = 0,40 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea } < 50 \text{ ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4 con referencia al Cuadro 4.8 para biomasa aérea); y}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3).}$$

$$L_{\text{remoción-bosques}} = 100 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1} \bullet 2 \text{ ton d.m. m}^{-3} (1 + 0,40 + 0,1) \bullet 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \\ = 141 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.12)}$$

La *recogida de madera combustible* ( $L_{\text{madera-combustible}}$ ) se calcula con la Ecuación 2.13 del Capítulo 2, incluyendo recogidas de madera en forma de árboles enteros ( $FG_{\text{árboles}}$ ), factor de expansión de la conversión de biomasa ( $BCEF_R$ ), relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), fracción de carbono de la materia seca (CF) y cuadros por defecto de la Sección 4.5. Para el país hipotético,

$$BCEF_R = 2,0 \text{ ton d.m. m}^{-3} \text{ (Cuadro 4.5 con referencia al volumen de existencias en crecimiento } 10 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}\text{);}$$

$$R = 0,40 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea } < 50 \text{ ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4 con referencia al Cuadro 4.8 para biomasa aérea);}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3).}$$

$$L_{\text{madera-combustible}} = 50 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1} \bullet 2,0 \text{ ton d.m. m}^{-3} (1 + 0,40 + 0,1) \bullet 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \\ = 65,80 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.13)}$$

La *pérdida anual de carbono en biomasa debida a perturbaciones* ( $L_{\text{perturbación}}$ ) se calcula aplicando la Ecuación 2.14, Capítulo 2, superficie de perturbaciones ( $A_{\text{perturbación}}$ ), promedio de biomasa aérea afectada ( $B_w$ ), relación biomasa subterránea / biomasa aérea ( $R$ ), fracción de carbono de la materia seca ( $CF$ ), fracción de biomasa perdida durante la perturbación ( $fd$ ) y cuadros por defecto de la Sección 4.5. Para el país hipotético,

$$fd = 0.3;$$

$$R = 0,40 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea } < 50 \text{ ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4 con referencia al Cuadro 4.8 para biomasa aérea);}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3).}$$

$$L_{\text{perturbación}} = 50 \text{ há año}^{-1} \bullet 1,0 \text{ ton d.m. há}^{-1} (1 + 0,40) \bullet 0,47 \text{ ton C (ton dm)}^{-1} \bullet 0,3 \\ = 9,87 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.14)}$$

*Reducción anual en las existencias de carbono debida a pérdidas de biomasa* ( $\Delta C_L$ ),

$$\Delta C_L = 141,00 \text{ ton C año}^{-1} + 65,80 \text{ ton C año}^{-1} + 9,87 \text{ ton C año}^{-1} \\ = 216,67 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.11)}$$

**Cambios anuales en las existencias de carbono en biomasa** ( $\Delta C_B$ )

Aplicando la Ecuación 2.7 del Capítulo 2 ( $\Delta C_B = (\Delta C_G - \Delta C_L)$ ),

$$\Delta C_B = 2 \text{ 632 ton C año}^{-1} - 216,67 \text{ ton C año}^{-1} = 2 \text{ 415,33 ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.7)}$$

### 4.3.1.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Los factores de emisión requeridos para estimar los cambios en las existencias de carbono para *Tierras convertidas en tierras forestales* son casi idénticos a los requeridos para *Tierras forestales que permanecen como tales*, aunque referidos a tierras convertidas en bosques dentro de los 20 años del inventario (período de conversión por defecto). Lo tratado respecto a incertidumbre para *Tierras forestales que permanecen como tales* también tiene aplicación aquí. Es factible que la incertidumbre implícita en la estimación de las existencias de biomasa de las tierras anteriores y posteriores a la conversión sea alta. Tal incertidumbre puede reducirse realizando estudios de parcelas de muestreo en las categorías dominantes de uso de la tierra sujetas a conversión a tierras forestales. Es posible que la incertidumbre sea baja en cuanto a retirada de madera (madera industrial en rollizos), porque es factible que se lleven estadísticas a nivel nacional sobre cosechas comerciales, aunque a veces puede resultar difícil separar las cosechas comerciales debidas a deforestación de las de las *Tierras forestales que permanecen como tales*. No obstante, es factible que la incertidumbre sea alta en cuanto a retirada y recogida de madera combustible y a pérdida de biomasa debida a perturbaciones. La incertidumbre que conllevan los métodos comerciales y tradicionales debería reducirse realizando sondeos de muestras en diferentes regiones socioeconómicas y climáticas.

Los datos de la actividad crítica necesarios para estimar los cambios en las existencias de carbono incluyen la superficie de las tierras convertidas y las tasas de pérdida de biomasa durante la conversión inicial y a partir de ésta. Es factible que el nivel de incertidumbre respecto a la superficie bajo plantaciones intensivas y extensivas sea bajo, puesto que la mayoría de los países llevan registros de las superficies forestadas y reforestadas. La incertidumbre debe reducirse mediante el desarrollo de una matriz de cambios en el uso de la tierra de *Tierras forestales que permanecen como tales* y para diferentes categorías de *Tierras convertidas en tierras forestales*, sobre la base de teledetección u otras técnicas de monitorización. Con una combinación de teledetección y sondeos sobre el terreno se podría reducir la incertidumbre hasta un 10-15%.

### 4.3.2 Materia orgánica muerta

En esta sección se analizan los cambios de las existencias de carbono en la materia orgánica muerta para la categoría de uso de la tierra *Tierras convertidas en tierras forestales*. Potencialmente, las tierras de cultivo, los pastizales, los asentamientos y otras categorías de uso de la tierra pueden convertirse en tierras forestales mediante la plantación o la regeneración natural. Es factible que la mayoría de las tierras no forestales no tengan depósitos importantes de carbono en madera muerta u hojarasca. Consecuentemente, en el Nivel 1 se supone que las existencias de carbono en depósitos de madera muerta y hojarasca en tierras no forestales equivalen a cero y que el carbono en los depósitos de materia orgánica muerta se incrementa linealmente al valor de los bosques

maduros durante un lapso de tiempo establecido (por defecto = 20 años). Para la conversión de tierras forestales no gestionadas en gestionadas, en el Nivel 1 se supone que las existencias de carbono en la materia orgánica muerta de los bosques no gestionados son similares a la de los gestionados y que no es necesario declarar cambio alguno respecto a las existencias de carbono. En realidad, aunque otras cosas son iguales, las existencias de carbono en la materia orgánica muerta de los bosques no gestionados son mayores que las de los gestionados porque, con la cosecha, se retira biomasa leñosa que, de otra manera, contribuiría a la dinámica de largo plazo de los depósitos de DOM (Kurz *et al.*, 1998) y constituye una *buena práctica* que los países con altas tasas de conversión de bosques no gestionados a gestionados utilicen métodos de Nivel superior para estimar los cambios resultantes en las existencias de carbono de la DOM.

Los métodos para estimar las emisiones y absorciones de carbono en los depósitos de materia orgánica muerta después de la conversión de tierras a tierras forestales requieren estimaciones de las existencias de carbono justo antes y después de la conversión, así como estimaciones de las superficies de las tierras convertidas durante el período de inventario. Algunas de las categorías de uso de la tierra que no son forestales, como humedales, asentamientos, tierras de cultivo y pastizales, pueden tener existencias significativas de carbono en sus depósitos de DOM. Es una *buena práctica* evaluar si la hipótesis de cuantificar los depósitos de DOM como cero se justifica respecto a tierras convertidas en tierras forestales. Mediante métodos de nivel superior, se puede especificar la magnitud inicial de los depósitos de DOM (p. ej., en algunas categorías del uso de la tierra, los depósitos de madera muerta y de hojarasca no equivalen a cero) y cuantificar la duración del período de transición (por defecto = 20 años) durante la cual los depósitos de DOM están cambiando como resultado de una transición a tierras forestales.

#### 4.3.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Los métodos generales para la estimación de cambios de las existencias de carbono en depósitos de materia orgánica muerta están descritos en el Capítulo 2, Sección 2.3.2. En el árbol de decisiones de la Figura 1.3 del Capítulo 1, se da orientación para la selección del método de nivel apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación. A menudo, las estimaciones de existencias de carbono en madera muerta y hojarasca difieren significativamente según el uso previo de la tierra, el tipo de bosque y el tipo de regeneración.

##### Nivel 1

Para *Tierras convertidas en tierras forestales*, la hipótesis de Nivel 1 es que los depósitos de madera muerta y hojarasca aumentan linealmente, a partir de cero (en la categoría de uso de la tierra no forestal), respecto a los valores por defecto para la región climática durante un período de T años (el valor actual por defecto es de 20 años para los depósitos de carbono tanto en hojarasca como en madera muerta). Las actividades humanas, como la recogida de madera combustible y algunas prácticas forestales como frecuentes entresacados, pueden modificar en gran medida la tasa de acumulación de carbono en los depósitos de madera muerta y hojarasca. Es una *buena práctica* evaluar si las magnitudes por defecto de los depósitos y los períodos de transición supuestos son razonables dados los regímenes climático y de gestión de un país. El período por defecto de 20 años es apropiado para depósitos de hojarasca, pero es factible que sea demasiado breve para depósitos de madera muerta, en especial en las regiones más frías con vegetación de crecimiento lento. Si el tiempo requerido para que se acumulen los depósitos de DOM es más prolongado que el período por defecto, entonces puede que las hipótesis del Nivel 1 sobreestimen las tasas de acumulación de carbono. Donde la superficie sometida a conversión del uso de la tierra a bosques sea grande, es una *buena práctica* desarrollar estimaciones nacionales de las tasas de acumulación de carbono en hojarasca y madera muerta en tierras convertidas en tierras forestales.

##### Niveles 2 y 3

Para los Niveles 2 o 3, los cambios de las existencias de carbono en depósitos de madera muerta y hojarasca pueden estimarse utilizando los dos métodos delineados en el Capítulo 2 (Ecuaciones 2.18 y 2.19). Es una *buena práctica* estratificar las superficies convertidas en tierras forestales según el uso anterior de la tierra, los métodos utilizados durante la conversión (p. ej., preparación del terreno, tratamiento de la biomasa residual), y la productividad y las características del bosque que está volviendo a crecer. Todos estos factores influyen sobre la magnitud y la velocidad del cambio de las existencias de carbono en los depósitos de DOM de las *Tierras convertidas en tierras forestales*.

También se alienta a los países que utilizan métodos de Nivel superior a seleccionar períodos de transición más apropiados para las existencias de carbono en hojarasca y madera muerta. Los depósitos de hojarasca pueden estabilizarse con relativa rapidez a medida que los ingresos se equilibran con las salidas. Por lo general, los depósitos de madera muerta requieren períodos de transición mucho más prolongados para pasar de condiciones no forestales a forestales. Más aun, tanto los depósitos de carbono en hojarasca como en madera muerta se ven afectados por muchos factores y se alienta a los países que emplean Niveles superiores a seleccionar valores de existencias en DOM a la madurez que reflejen como corresponde las circunstancias nacionales. Los países que

utilicen métodos de modelización del Nivel 3 obtendrán estimaciones de las existencias de materia orgánica muerta sobre la base de un balance simulado de entradas y pérdidas.

### 4.3.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

#### Nivel 1

Los países que aplican un método de Nivel 1 necesitan datos sobre las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca por defecto de las seis categorías de uso de la tierra en diferentes regiones climáticas, según lo definido en el Cuadro 3.1 del Capítulo 3. Según el Nivel 1, se supone que las existencias de carbono en los depósitos de hojarasca y madera muerta para todas las categorías de usos de la tierra no forestales equivalen a cero. Respecto a tierras convertidas en tierras forestales, se supone que las existencias de carbono en los depósitos de madera muerta y hojarasca se incrementan linealmente durante el período de transición T (por defecto, este valor es de 20 años para depósitos de C tanto en hojarasca como en madera muerta). Por ende, la tasa anual de aumento se estima como la relación entre la diferencia en existencias de carbono en los depósitos de DOM de las categorías no forestal y forestal y la cantidad de años del período de transición T.

#### Niveles 2 y 3

Los métodos de Nivel superior descritos en el Capítulo 4, Sección 4.2 *Tierras forestales que permanecen como tales* son igualmente aplicables a *Tierras convertidas en tierras forestales*. Se requieren los factores de emisión y absorción adicionales cuando deben estimarse los impactos de las prácticas de conversión en el uso de la tierra (p. ej., preparación del terreno y quemado de broza). Pueden surgir otros requisitos si no se puede justificar la hipótesis de que las existencias de carbono en depósitos de madera muerta y hojarasca de las categorías de uso de la tierra no forestales equivalen a cero, como sucede en algunos sistemas agroforestales, en asentamientos con una sustancial cobertura forestal y en otras circunstancias. Esto puede plantear desafíos especiales porque es típico que los inventarios forestales no incluyan tales áreas y resulta necesario identificar otras fuentes de datos o implementar programas de medición.

### 4.3.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

El método de Nivel 1 requiere datos de la actividad sobre la tasa anual de conversión a tierras forestales. Los datos de la actividad deben ser coherentes con los que se emplean para estimar los cambios en las existencias de carbono en la biomasa de *Tierras convertidas en tierras forestales*, según los principios generales establecidos en el Capítulo 3. Los datos de la actividad pueden obtenerse de estadísticas nacionales, de organismos de gestión forestal, organismos de conservación, ayuntamientos, y organismos de sondeo y mapeo. Donde se utilicen programas de declaración, es una *buena práctica* aplicar procedimientos de verificación y verificaciones cruzadas a fin de asegurar una representación completa y coherente de las *Tierras convertidas en tierras forestales*, a fin de evitar omisiones o cómputo doble. Los datos deben desagregarse de acuerdo con las categorías generales de clima y tipos de bosques.

Los inventarios realizados con Niveles superiores van a requerir información más exhaustiva sobre el establecimiento de nuevos bosques, con información más refinada sobre las clases de suelos, clima y resolución espacial y temporal.

Deberán incluirse todos los cambios en los depósitos de materia orgánica muerta que se produzcan durante la cantidad de años (T) seleccionada como período de transición. Las tierras en las que las transiciones hayan ocurrido hace más de T años se transfieren a *Tierras forestales que permanecen como tales* y se informan bajo esta categoría.

### 4.3.2.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

*A continuación se resumen los pasos a dar para estimar el cambio en las existencias de carbono de materia orgánica muerta empleando los métodos por defecto:*

**Paso 1:** estimar la superficie convertida a tierras forestales (durante un lapso de 20 años previos al año del inventario) de otras categorías de uso de la tierra, tales como tierras de cultivo, pastizales y asentamientos. Véase el Capítulo 3 en cuanto a métodos detallados para estimar las *Tierras convertidas en tierras forestales*.

**Paso 2:** en el Nivel 1 se supone que las existencias de carbono en la materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca) de las tierras no forestales equivalen a cero. Si se dispone de datos nacionales sobre las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca de tierras no forestales, desagregar la superficie convertida en tierras forestales de acuerdo con la categoría de origen de uso de la tierra, p. ej., pastizales, tierras de cultivo, etc., utilizando las mismas categorías para las que estén disponibles las estimaciones de materia orgánica muerta. Los valores por defecto para existencias de carbono en hojarasca de tierras forestales se suministran en el Cuadro 2.2.

No se dispone de estimaciones regionales por defecto de existencias de carbono en madera muerta que resulten estadísticamente válidas.

**Paso 3:** estimar el incremento promedio anual de las existencias de materia orgánica muerta, separadamente para madera muerta y hojarasca, dividiendo la diferencia en existencias de carbono pre- y post-conversión por el período de transición (Ecuación 2.23 del Capítulo 2). Por defecto, en el Nivel 1, se supone que las existencias de carbono en la materia orgánica no forestal equivalen a cero y que el período de transición es de 20 años.

**Paso 4:** Estimar los cambios anuales de las existencias de carbono en materia orgánica muerta de *Tierras convertidas en tierras forestales* multiplicando el incremento promedio anual (Paso 3) por la superficie de tierras convertidas en tierras forestales durante los últimos 20 años (por defecto).

#### 4.3.2.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

En general, la magnitud de la incertidumbre en los depósitos de materia orgánica muerta es mayor que la de las estimaciones de biomasa porque es habitual que se disponga de muchos menos datos respecto a los depósitos de DOM que a los de biomasa. Las incertidumbres de las estimaciones de superficie realizadas mediante los métodos sugeridos en el Capítulo 3 se indican en el Cuadro 3.7 y las incertidumbres en la determinación de los cambios en las existencias de carbono en la materia orgánica muerta pueden ser varias veces mayores que la incertidumbre de las estimaciones de cambios de existencias en biomasa empleando coeficientes por defecto.

Aunque en bibliografía y demás hay relativamente pocas estimaciones de incertidumbre en cuanto a cambios en las existencias de carbono en los depósitos de DOM, se pueden identificar varias fuentes para las estimaciones de cambios en las existencias de carbono en los depósitos de materia orgánica muerta de *Tierras convertida en tierras forestales*. En primer lugar, no siempre se justifica la hipótesis de que las existencias de carbono en DOM equivalen a cero en las tierras no forestales. Subestimar la magnitud de las verdaderas existencias iniciales de DOM lleva a sobreestimar las verdaderas tasas de acumulación. En segundo lugar, es factible que los valores por defecto de la magnitud de las existencias de carbono en hojarasca y madera muerta sufran un sesgo al estar basados en estimaciones de tierras que fueron forestales durante un largo período. Entonces, las magnitudes de las existencias al fin del período de transición pueden sobreestimarse nuevamente, lo que conduce a sobreestimaciones de las tasas de acumulación. En tercer lugar, el período de transición por defecto puede ser demasiado prolongado para las existencias de carbono en la hojarasca, lo que lleva a subestimaciones de las verdaderas tasas de acumulación. En cambio, para los depósitos de madera muerta, es factible que el período de transición de 20 años supuesto por defecto sea demasiado breve. Por ende, puede estar sobreestimada la tasa de acumulación de carbono en los depósitos de madera muerta.

### 4.3.3 Carbono del suelo

Por lo general, las conversiones de tierras con suelos minerales mantienen niveles similares de reservas de C o crean condiciones que incrementan las existencias de C en el suelo, en particular si la tierra fue previamente gestionada para producción agrícola anual (Post y Kwon, 2000). Sin embargo, en ciertas circunstancias, se ha demostrado que la conversión de pastizales en tierras forestales provoca pequeñas pérdidas de C en los suelos minerales durante varias décadas después de ocurrida (Davis y Condrón, 2002; Paul *et al.*, 2002). Las emisiones de C de suelos orgánicos varía según el uso previo y el nivel de drenaje. Específicamente, la conversión de tierras de cultivo tiende a reducir las emisiones, es posible que las conversiones de pastizales mantengan tasas de emisión similares, mientras que, a menudo, la conversión de humedales incrementa las emisiones de C.

*Se incluyen información general y directrices sobre cómo estimar cambios en las existencias de C del suelo en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2 (incluidas las ecuaciones) y se las debe leer antes de continuar con las directrices específicas referidas a las existencias de C de los suelos forestales.* Los cambios totales de las existencias de C en *Tierras convertidas en tierras forestales* se calculan utilizando la Ecuación 2.24 (Capítulo 2), en la que se combinan los cambios en las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales y orgánicos, con los cambios en las existencias de los depósitos de C inorgánico del suelo (Nivel 3 solamente). Véase la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2) en cuanto a un análisis general sobre C inorgánico en el suelo (no se brinda ninguna información adicional en el análisis que sigue referido a Tierras forestales).

A fin de contabilizar los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con *Tierras convertidas en tierras forestales*, los países deben tener, como mínimo, estimaciones de la superficie de *Tierras forestales que permanecen como tales* durante el período de inventario, estratificadas por región climática y por tipo de suelo. Si los datos sobre uso y gestión de la tierra son limitados, se pueden emplear como punto de partida los datos de la actividad del Método 1, junto con el conocimiento de los expertos locales sobre la distribución aproximada de los tipos de uso de la tierra que se convierten. Si se desconocen los usos de la tierra y las conversiones anteriores de las *Tierras convertidas en tierras forestales*, igualmente se pueden calcular los cambios de existencias de

SOC empleando los métodos provistos bajo *Tierras forestales que permanecen como tales*, aunque es factible que la base territorial sea diferente para los bosques en el año en curso con respecto al año de inicio del inventario. No obstante, es crítico que el total de la superficie territorial para todos los sectores de uso de la tierra sea la misma durante el tiempo que lleve el inventario (p. ej., si se convierten 5 millones de hectáreas de Tierras de Cultivo y Pastizales a Tierras forestales durante el período del inventario, entonces las tierras forestales tendrán un adicional de 5 millones de hectáreas en el último año del inventario, mientras que las Tierras de Cultivo y los Pastizales tendrán la correspondiente pérdida de 5 millones de hectáreas en ese último año), y el cambio total se estimará sumando las existencias de SOC de todos los usos de la tierra. *Las tierras convertidas en tierras forestales* se estratifican según las regiones climáticas y los principales tipos de suelos, lo que puede basarse en clasificaciones por defecto o específicas del país. Esto se puede lograr mediante superposiciones de mapas de clima y suelos, junto con datos espacialmente explícitos en cuanto a la ubicación de las conversiones de las tierras.

Los inventarios se pueden desarrollar empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3; cada uno de los sucesivos Niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. Es posible que haya países que utilicen diferentes niveles para preparar estimaciones de cada componente en particular en esta categoría fuente (p. ej., cambios en las existencias de C orgánico en suelos minerales y orgánicos; y cambios de existencias relacionados con depósitos de C inorgánico en el suelo).

### 4.3.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Los inventarios se pueden desarrollar empleando los métodos de Niveles 1, 2 o 3, y los países pueden elegir entre los diferentes niveles para suelos minerales y orgánicos. En el Capítulo 2, se proporcionan árboles de decisión para suelos minerales (Figura 2.4) y para suelos orgánicos (Figura 2.5) a fin de asistir a los compiladores del inventario en la selección del nivel adecuado para su inventario de C del suelo.

#### *Suelos minerales*

##### **Nivel 1**

Los cambios en las existencias de C de los suelos orgánicos se pueden estimar para suelos minerales con conversión de uso de la tierra a tierras forestales empleando la Ecuación 2.25 (Capítulo 2). En cuanto al Nivel 1, las existencias iniciales (pre-conversión) de C orgánico del suelo ( $COC_{(0-T)}$ ) y las existencias de C en el último año del período de inventario ( $SOC_0$ ) se determinan a partir del conjunto de existencias de C orgánico de referencia ( $SOC_{REF}$ ) y de los factores de cambio de existencias por defecto ( $F_{LU}$ ,  $F_{MG}$ ,  $F_1$ ), según resulte apropiado para describir el uso y la gestión de la tierra tanto antes como después de la conversión. Nótese que la superficie de roca firme en las tierras forestales no se incluye en el cálculo de las existencias de C del suelo (se supone una existencia 0). Las tasas anuales de cambio en las existencias de carbono se calculan como la diferencia en las existencias (a través del tiempo) dividida por la dependencia temporal (D) de los factores de cambio de existencias (el valor por defecto es de 20 años).

##### **Nivel 2**

En el método de Nivel 2 para suelos minerales también se utiliza la Ecuación 2.25 (Capítulo 2), pero se incluyen las existencias de C de referencia específicas del país o la región y/o los factores de cambio de existencias y, posiblemente, datos de la actividad en el uso de la tierra y datos ambientales más desagregados.

##### **Nivel 3**

Los métodos del Nivel 3 van a incluir modelos más detallados y específicos del país y/o enfoques basados en mediciones, así como datos de uso y gestión de la tierra muy desagregados. Constituye una *buena práctica* que los métodos de Nivel 3 con los que se estimen los cambios de C en el suelo producidos por conversiones a tierras forestales empleen modelos, redes de monitorización y/o conjuntos de datos que sean representativos de la transiciones ocurridas a través del tiempo de otros usos de la tierra, incluyendo pastizales, tierras de cultivo y, posiblemente, asentamientos y otros usos de la tierra. Es importante que los modelos se evalúen mediante observaciones independientes a partir de sitios específicos del país o de la región que sean representativos de las interacciones entre el clima, el suelo y el tipo o la gestión forestal referidos a los cambios en las existencias de C del suelo ocurridos después de la conversión.

#### *Suelos orgánicos*

##### **Niveles 1 y 2**

Las *Tierras convertidas en tierras forestales* en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan de la misma manera que las *Tierras forestales que permanecen como tales* en suelos orgánicos. Las pérdidas de C de las tierras forestales recién convertidas se calculan empleando la Ecuación 2.26 (Capítulo 2) si los suelos tienen drenaje. En la Sección 4.3.3.1 se brinda orientación adicional sobre los métodos de los Niveles 1 y 2.

**Nivel 3**

Así como sucede con los suelos minerales, un método del Nivel 3 incluye modelos específicos del país y/o enfoques basados en mediciones, así como datos sobre uso y gestión de la tierra muy desagregados (véase un análisis adicional en lo citado precedentemente respecto a suelos minerales).

**4.3.3.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN*****Suelos minerales*****Nivel 1**

En cuanto a tierras nativas no gestionadas, así como a tierras forestales, asentamientos y pastizales nominalmente gestionados bajo regímenes de poca perturbación, se supone que las existencias de C en el suelo son equivalentes a las de los valores de referencia (es decir, los factores de uso de la tierra, perturbación (sólo para bosques), gestión e ingreso equivalen a 1), pero será necesario aplicar los factores de cambio de existencias apropiados para representar a otros sistemas que se pueden convertir en tierras forestales, por ejemplo pastizales mejorados y degradados, así como todos los sistemas de Tierras de Cultivo. Véase la sección que corresponde en usos de la tierra en cuanto a los factores de cambio de existencias por defecto (Tierras forestales en 4.2.3.2, Tierras de cultivo en 5.2.3.2, Pastizales en 6.2.3.2, Asentamientos en 8.2.3.2 y Otras tierras en 9.3.3.2). Las existencias de C de referencia por defecto se encuentran en el Cuadro 2.3 (Capítulo 2).

**Nivel 2**

Probablemente, la estimación de los factores de cambio de existencias específicos del país constituya el desarrollo más importante relacionado con el método de Nivel 2. Las diferencias en existencias de C orgánico en el suelo entre los usos de la tierra se calcula con relación a una condición de referencia. Si se utilizan las existencias de C de referencia por defecto, la condición de referencia es la vegetación nativa que no se degrada ni mejora por las prácticas de uso y gestión de la tierra. Los factores de cambio de la conversión en el uso de la tierra a bosques nativos equivalen a 1 si el bosque es representativo de la condición de referencia. En cambio, los factores de cambio de existencias deberán derivarse para *Tierras convertidas en tierras forestales* que no representan la condición de referencia, tomando en cuenta la influencia de las perturbaciones ( $F_D$ ), las entradas ( $F_I$ ) y la gestión ( $F_{MG}$ ), que se emplean entonces para refinar aun más las existencias de C del nuevo sistema forestal. Véase la sección que corresponde en cuanto a la derivación de los factores de cambio de existencias para otros sectores de uso de la tierra (Tierras de cultivo en 5.2.3.2, Pastizales en 6.2.3.2, Asentamientos en 8.2.3.2 y Otras tierras en 9.3.3.2).

En un método de Nivel 2, las existencias de C de referencia también se derivan de datos específicos del país. Sin embargo, los valores de referencia deben ser coherentes para todos los usos de la tierra (es decir, Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, Asentamientos y Otras tierras) y, por ende, requieren coordinación entre los distintos equipos a cargo de los inventarios de C del suelo para AFOLU.

**Nivel 3**

Es menos factible que los factores constantes de tasa de cambio de existencias *per se* se estimen a cambio de tasas variables que reproduzcan con exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2).

***Suelos orgánicos*****Niveles 1 y 2**

Las *Tierras convertidas en tierras forestales* en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan de la misma manera que las *Tierras forestales que permanecen como tales* en suelos orgánicos. Los factores de emisión del Nivel 1 se presentan en el Cuadro 4.6 (Sección 4.5), mientras que los del Nivel 2 se derivan de datos específicos del país o la región.

**Nivel 3**

Es menos factible que los factores constantes de tasa de emisión *per se* se estimen a cambio de tasas variables que reproduzcan con exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

### 4.3.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

#### *Suelos minerales*

##### **Niveles 1 y 2**

A los efectos de estimar los cambios en las existencias de carbono del suelo, las estimaciones de superficie de *Tierras convertidas en tierras forestales* deben estratificarse según las regiones climáticas y los tipos de suelos principales. Se puede basar en superposiciones parciales de mapas de clima y suelos apropiados, junto con datos espacialmente explícitos en cuanto a la ubicación de las conversiones de las tierras. Las descripciones detalladas de los esquemas de clasificación de climas y suelos por defecto se encuentran en el Capítulo 3. Se suministra información específica en cada una de las secciones de uso de la tierra respecto al tratamiento de los datos de la actividad de uso/gestión de la tierra (tierras forestales en la Sección 4.2.3.3, Tierras de cultivo en 5.2.3.3, Pastizales en 6.2.3.3, Asentamientos en 8.2.3.3 y Otras tierras en 9.3.3.3),

Un aspecto crítico en la evaluación del impacto de las *Tierras convertidas en tierras forestales* sobre las existencias de C orgánico del suelo es el tipo de datos de la actividad sobre uso y gestión de la tierra. Los datos de la actividad obtenidos empleando los Métodos 2 o 3 (véase el Capítulo 3 por un análisis referido a Métodos) suministran la información básica subyacente para determinar el uso previo de la tierra en *Tierras convertidas en tierras forestales*. Por contraste, los datos agregados (Método 1, Capítulo 3) sólo suministran la cantidad total de superficie en cada uso de la tierra y no constituyen una base para determinar transiciones específicas. Por lo tanto, se desconocerá el uso de la tierra previo a la conversión a tierras forestales. Esto no constituye problema alguno si se usan los métodos de Niveles 1 o 2 porque el cálculo no es dinámico y se supone un cambio por etapas de un estado de equilibrio a otro. Con los datos agregados (Método 1), los cambios de las existencias de C orgánico en el suelo se pueden calcular por separado para cada sector de uso de la tierra y, después, combinarlos para obtener el cambio total de existencias. Algunos de los cambios en las existencias serán el resultado de menor o mayor superficie territorial en un sector dado, pero tales cambios en la base territorial se compensan por un incremento o una disminución concomitantes en la superficie territorial de otro sector. Empleando este método, será necesario que haya coordinación entre los distintos sectores, a fin de garantizar que el total de la base territorial se mantenga constante a través del tiempo, dado que ciertas superficies se perderán o ganarán dentro de sectores individuales durante cada año de inventario, debido a cambios en el uso de la tierra.

##### **Nivel 3**

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o de un inventario directo basado en mediciones en el Nivel 3, se requieren datos similares o más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, en comparación con los métodos de los Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

#### *Suelos orgánicos*

##### **Niveles 1 y 2**

Las *Tierras convertidas en tierras forestales* en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan de la misma manera que las *Tierras forestales que permanecen como tales* en suelos orgánicos.

##### **Nivel 3**

Como sucede con los suelos minerales, es factible que los métodos del Nivel 3 requieran datos más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, en comparación con los métodos de los Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependerán del diseño del modelo o de la medición.

### 4.3.3.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

#### *Suelos minerales*

Los pasos para estimar  $SOC_0$  y  $SOC_{(0-T)}$  y los cambios de existencias netas de C en el suelo por hectárea de *Tierras convertidas en tierras forestales* son los siguientes:

**Paso 1:** determinar el uso y la gestión del suelo por tipos de suelos minerales y regiones climáticas del territorio al comienzo del período de inventario, lo que puede variar según la periodicidad de los datos de la actividad (0-T; p. ej., hace 5, 10 o 20 años).

**Paso 2:** seleccionar el valor de existencias de C de referencia específico del lugar ( $SOC_{REF}$ ) sobre la base del tipo de clima y de suelo del Cuadro 2.3, para cada superficie de tierra a inventariar. Las existencias de C de referencia son las mismas para todas las categorías de uso de la tierra a fin de garantizar que no se computen cambios erróneos en las existencias de C debidos a diferencias en valores de existencias de referencia entre sectores.

**Paso 3:** seleccionar el factor de uso de la tierra ( $F_{LU}$ ), el factor de gestión ( $F_{MG}$ ) y los niveles de entrada de C ( $F_I$ ) que representan el sistema de uso y gestión de la tierra presente antes de la conversión a forestal. Los valores de  $F_{LU}$ ,  $F_{MG}$  y  $F_I$  se encuentran en la sección respectiva al sector de uso de la tierra (Tierras de cultivo en el Capítulo 5 y Pastizales en el Capítulo 6).

**Paso 4:** multiplicar estos valores por las existencias de C del suelo de referencia para estimar las existencias de C orgánico en el suelo «iniciales» ( $SOC_{(0-T)}$ ) durante el período del inventario.

**Paso 5:** estimar  $SOC_0$  repitiendo los pasos 1 a 4 y empleando las mismas existencias de C de referencia del lugar ( $SOC_{REF}$ ), pero empleando factores de uso y gestión de la tierra y factores de entrada que representen las condiciones del último año de inventario (año 0). Para el Nivel 1, se supone que todos los factores de cambio de existencias equivalen a 1 para tierras forestales (aunque para el Nivel 2, deberán usarse valores diferentes para estos factores bajo tierras forestales recientemente convertidas, sobre la base de datos específicos del país).

**Paso 6:** estimar el cambio promedio anual en existencias de C en el suelo para la zona durante el período de inventario,  $\Delta C_{CC_{Minerales}}$  (véase la Ecuación 2.25 del Capítulo 2).

**Paso 7:** repetir los Pasos 1 a 6 si hay períodos de inventario adicionales (p. ej., 1990 a 2000, 2001 a 2010, etc.).

A continuación se presenta un ejemplo numérico para forestación de suelos de cultivo.

**Ejemplo:** Se realizó una plantación forestal en una superficie de 100 000 há de tierras de cultivo. El tipo de suelo es un Ultisol de un clima húmedo tropical que tiene existencias de referencia del lugar,  $SOC_{Ref}$  (0-30 cm), de 47 ton C há<sup>-1</sup> (Cuadro 2.3). El uso previo de la tierra fue de cultivos anuales en surcos, con labores convencionales, sin fertilización y donde los residuos de cultivo se quitaban, por lo que las existencias de carbono en el suelo al comienzo del período de inventario (en este ejemplo, 5 años antes, en 1995) fue de ( $SOC_{Ref} \bullet F_{LU} \bullet F_{MG} \bullet F_I$ ) = 47 ton C há<sup>-1</sup> • 0,48 • 1 • 0,92 = 20,8 ton C há<sup>-1</sup> (véase el Cuadro 5.5, Capítulo 5, en cuanto a factor de cambios de existencias para tierras de cultivo). En el Nivel 1, se supone que el bosque gestionado tiene las mismas existencias de C en el suelo que la condición de referencia (es decir, todos los factores de cambio de existencias equivalen a 1). Por ende, el cambio promedio anual de las existencias de C en el suelo para la zona durante el período del inventario se estima como (47 ton C há<sup>-1</sup> – 20,8 ton C há<sup>-1</sup>) / 20 años = 1,3 ton C há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Para el área reforestada hay un incremento de 131 000 ton C año<sup>-1</sup>. (Nota: 20 años es la dependencia temporal del factor de cambio de existencias, es decir, el factor representa la tasa anual de cambio durante 20 años).

### ***Suelos orgánicos***

Los pasos para el cálculo son los mismos descritos en la Sección 4.2.3.4 precedente.

## **4.3.3.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE**

Los análisis de incertidumbre para *Tierras convertidas en tierras forestales* son fundamentalmente los mismos que para *Tierras forestales que permanecen como tales*. Existen tres grandes fuentes de incertidumbre: 1) incertidumbres en los datos de la actividad de uso y gestión de la tierra y del medio ambiente; 2) incertidumbres con referencia a las existencias de C en el suelo si se utilizan los métodos de los Niveles 1 o 2 (suelos minerales solamente); y 3) incertidumbres en los factores de cambios en las existencias y de emisión para los métodos de Niveles 1 o 2, error en la estructura/los parámetros del modelo para los métodos basados en el modelo de Nivel 3, o errores de medición/variabilidad en el muestreo relacionados con los inventarios basados en mediciones de Nivel 3. Véase la sección sobre incertidumbre en *Tierras forestales que permanecen como tales* para un análisis adicional (Sección 4.2.3.5).

## **4.3.4 Emisiones de gases no CO<sub>2</sub> a partir del quemado de biomasa**

La orientación para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero no CO<sub>2</sub> a partir del quemado de biomasa o de incendios en *Tierras convertidas en tierras forestales* se analiza en la sección 4.2.4. También se suministra orientación general en el Capítulo 2, Sección 2.4.

La orientación para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O de suelos forestales se presenta en el Capítulo 11.

## 4.4 EXHAUSTIVIDAD, SERIES TEMPORALES, GC/CC, Y GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

### 4.4.1 Exhaustividad

La exhaustividad es un requisito para los inventarios de gases de efecto invernadero y constituye una *buena práctica* tener en cuenta todas las ganancias y pérdidas de carbono forestales, incluidos los productos de madera recolectada. Un inventario de gases de efecto invernadero de tierras forestales debe incluir todas las tierras de la categoría tierras forestales y las tierras de todas las categorías de uso convertidas a tierras forestales. En pro de la exhaustividad, es una *buena práctica* incluir todos los depósitos de carbono y gases de efecto invernadero no CO<sub>2</sub>. En el Capítulo 11, Sección 11.2, se brinda asesoramiento sobre la emisión de N<sub>2</sub>O de suelos orgánicos drenados. La superficie forestal utilizada para el cálculo de los diferentes depósitos de carbono debe ser la misma. Pasos de cálculo para el Nivel 1 Los niveles superiores incluyen los impactos adicionales de los regímenes de gestión y de perturbaciones naturales sobre las existencias de C en suelos minerales o las emisiones de los suelos orgánicos, mediante la incorporación de información específica del país. Resulta necesario tener en cuenta la totalidad de las emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> relacionadas con *Tierras forestales que permanecen como tales* y con *Tierras convertidas en tierras forestales*, o resultantes del quemado de biomasa en tierras forestales gestionadas (y, de corresponder, en las no gestionadas). Es una *buena práctica* que, al principio, todas las pérdidas de los depósitos de carbono en la biomasa que produzcan transferencias a depósitos de materia orgánica muerta se contabilicen como cambios a las existencias de carbono en biomasa. Es una *buena práctica* que los países que apliquen los métodos de estimación del Nivel 1 no contabilicen las emisiones de carbono de depósitos de DOM durante incendios u otras perturbaciones, porque se supone que todos las incorporaciones al depósito de DOM se liberaron durante el año de la incorporación. En consecuencia, los métodos del Nivel 1 también descartan la contabilización de los incrementos en los depósitos de DOM resultantes de las perturbaciones naturales.

### 4.4.2 Desarrollo de una serie temporal coherente

Es una *buena práctica* desarrollar una serie temporal coherente de inventarios de emisiones y absorciones antropogénicas de gases de efecto invernadero para todas las categorías de AFOLU aplicando la orientación provista en el Volumen 1, Capítulo 5. Dado que sólo se puede disponer de datos de la actividad cada unos pocos años, lograr la coherencia de la serie temporal puede exigir la interpolación o extrapolación de series temporales o tendencias más prolongadas, posiblemente utilizando información sobre cambios en las políticas forestales y en esquemas de incentivos donde se requieran factores motivantes.

Una contabilización coherente y permanente a través del tiempo de las superficies territoriales incluidas en un inventario de emisiones y absorciones de C en biomasa y en el suelo requiere que los datos de la actividad para todas las categorías de uso de la tierra se estratifiquen a través de una definición en común de los tipos de climas y de suelos. De esta manera, las áreas sujetas a cambios en el uso de la tierra no se van a perder ni se van a computar dos veces debido a errores contables resultantes de definiciones incoherentes de tipos de clima, de bosques y de estratos del suelo dentro de otras categorías de uso de la tierra. Para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, ya sea en los Niveles 1, 2 o 3, es ideal que se aplique el mismo protocolo (estrategia de muestreo, método, etc.) de forma coherente y durante todos los años de la serie temporal, con el mismo nivel de desagregación y, cuando se utilicen datos específicos del país, es una *buena práctica* usar los mismos coeficientes y métodos para cálculos equivalentes en todos los puntos de la serie temporal.

No obstante, a medida que la capacidad de inventariado y la disponibilidad de fuentes de información y datos mejoran a través del tiempo, deben incluirse nuevas categorías de fuentes y de sumideros o, ascendiendo a niveles superiores, se pueden actualizar y redefinir los métodos y los datos utilizados para calcular las estimaciones. En estas circunstancias, constituye una *buena práctica* volver a calcular coherentemente las emisiones y absorciones históricas. En algunos casos, si faltan algunos datos históricos, puede ser necesario estimarlos a partir de otras fuentes de datos. Por ejemplo, ahora, las *Directrices del IPCC de 2006* requieren la estimaciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> y de no CO<sub>2</sub> en los bosques, lo que no estaba incluido en las *Directrices de 1996* (véase el Capítulo 1). También el nivel de conocimiento y de detalles en las estimaciones de emisiones para los suelos va a mejorar a través del tiempo, lo que va a requerir volver a calcular los inventarios históricos para tener en cuenta los nuevos datos y/o métodos. A menudo, los cambios en los suelos forestales no se pueden detectar a una escala temporal menor que una década; va a ser necesario interpolar entre mediciones a fin de obtener estimaciones anuales de emisiones y absorciones. Se debe realizar un seguimiento de los cambios en los

tipos de bosques, prácticas y perturbaciones durante períodos prolongados, determinado, por ejemplo, por la dinámica del carbono en el suelo o por los períodos de rotación forestal, por los que se les haga un seguimiento específicamente con cálculos basados en modelos detallados.

En los países que utilizan métodos del Nivel 1, las estimaciones de los cambios de las existencias en DOM sólo se suministran en caso de que haya cambios en el uso de la tierra a tierras forestales o de éstas. Constituye una *buena práctica* volver a calcular toda la serie temporal de datos si se modifican los valores por defecto para depósitos de carbono en hojarasca o madera muerta o la duración de los períodos de transición. También es una *buena práctica* volver a calcular toda la serie temporal de estimaciones si se han producido revisiones de los datos de la actividad, tales como la velocidad del cambio en el uso del suelo. A medida que, en el futuro, se comience a disponer de más datos de parcelas y de otras muestras respecto a existencias de carbono en madera muerta y hojarasca, es factible que los países mejoren los modelos utilizados en los procedimientos de estimación de Niveles superiores. Es una *buena práctica* utilizar los mismos valores de parámetros modelo (como tasas de caída de hojarasca, tasas de descomposición, impactos por perturbaciones) para toda la serie temporal y volver a calcular toda la serie temporal si cambian uno o más o más de los parámetros modelo. No hacerlo puede traer como resultados fuentes o sumideros artificiales, por ejemplo, a resultados de modificaciones de el índice de descomposición.

### 4.4.3 Garantía de calidad y control de calidad

Las características de la estimación del inventario de gases de efecto invernadero en tierras forestales pueden tener un nivel diferente de precisión, exactitud y sesgo. Más aun, las estimaciones se ven influenciadas por la calidad y la coherencia de los datos y la información disponibles en un país, así como por las brechas en el conocimiento. Además, según el nivel de los métodos que se usen en un país, las estimaciones pueden verse afectadas por diferentes fuentes de errores, como los errores de muestreo, de evaluación, de clasificación de las imágenes de detección remota y de modelización, que se pueden propagar a toda la estimación.

Es una *buena práctica* realizar verificaciones de control de calidad mediante procedimientos de garantía de calidad (GC) y control de calidad (CC), así como revisiones por expertos de los procedimientos de estimación de las emisiones. También pueden ser de aplicación verificaciones adicionales de control de calidad como las esbozadas en los procedimientos de Nivel 2 del Volumen 1, Capítulo 6, y procedimientos de garantía de calidad, particularmente si, para estimar las emisiones, se utilizan métodos de niveles superiores. Es una *buena práctica* complementar con GC/CC en general relacionadas con procesamiento y manejo de datos, y con la generación y documentación de informes, con procedimientos por categorías específicos de la fuente. Los procedimientos de GC/CC deben documentarse por separado para *Tierras forestales que permanecen como tales* y para *Tierras convertidas en tierras forestales*.

Los organismos que recaban datos son los responsables de revisar los métodos de recolección de datos, de verificar los datos para garantizar que se los recoge y se los agrega o desagrega correctamente, y de realizar una verificación cruzada de los datos con otras fuentes de datos y con años anteriores para asegurarse de que los datos son realistas, completos y coherentes a través del tiempo. Los datos de la FAO deben someterse a verificación cruzada con otras fuentes nacionales en pro de la exactitud y la coherencia. Las bases para las estimaciones (p. ej., sondeos estadísticos o «estimaciones de escritorio») se deben revisar y describir como parte del proceso de CC. La documentación es un componente clave del proceso de revisión, ya que permite a los revisores identificar inexactitudes, brechas y sugerir mejoras. La documentación y la transparencia en la declaración son de suma importancia para categorías de fuentes con mucha incertidumbre y para fundar las razones de las divergencias entre los factores específicos de un país y los factores por defecto o utilizados por otros países. A los países con condiciones (ecológicas) similares se los alienta a que colaboren en la refinación de métodos, factores de emisión y evaluación de incertidumbre.

**Verificación de los datos de la actividad:** que resulte posible, el organismo a cargo del inventario debe verificar los datos que incluye todas las superficies de tierras gestionadas, empleando fuentes independientes y comparándolas. Para muchos países, la base de datos de la FAO podría ser la principal fuente y, en ese caso, los datos deben someter a verificación cruzada. Toda diferencia en los registros de superficies deben documentar a los efectos de su revisión. Los totales de superficie de los datos de la actividad se deben sumar para todas las categorías de uso de la tierra a fin de que el total de la superficie incluida en el inventario y su estratificación por tipos de clima y de suelo constante a través del tiempo. Esto asegura que las superficies de tierras forestales no se «crean» ni se «pierden» a través del tiempo, lo que traería aparejados importantes errores en el inventario. Cuando se utilizan datos específicos del país (como los índices de crecimiento de biomasa en pie y biomasa, la fracción de carbono en la biomasa aérea y los factores de expansión de la biomasa, y las estimaciones de consumo de fertilizantes sintéticos), el organismo a cargo del inventario debe compararlos con los valores por defecto del IPCC o con la base de datos de factores de emisión (EFDB) y tomar nota de las diferencias.

Los parámetros específicos de un país deben ser de alta calidad, preferiblemente datos experimentales revisados por pares, bien descritos y documentados. Se alienta a los organismos a cargo del inventario a asegurarse de que se han utilizados métodos de *buenas prácticas* y que los resultados fueron revisados por pares. Se pueden utilizar evaluaciones de superficies de prueba para validar la fiabilidad de las cifras declaradas.

**Revisión interna y externa:** los procesos de revisión, según lo establecido en el Volumen 1, Capítulo 8, deben estar a cargo de expertos que, preferiblemente, no hayan participado en el desarrollo del inventario. El organismo a cargo del inventario debe utilizar expertos en absorciones y emisiones de gases de efecto invernadero de AFOLU para llevar a cabo revisiones a cargo de pares expertos de los métodos y datos utilizados. Dada la complejidad y la exclusividad de los parámetros empleados para calcular los factores específicos de un país para ciertas categorías, deben participar en esas revisiones especialistas selectos en la materia. Si los factores relativos al suelo se basan en mediciones directas, el organismo a cargo del inventario debe revisar las mediciones para asegurarse de que sean representativas de la verdadera gama de condiciones ambientales y de gestión del suelo, y de la variabilidad climática interanual, y de que se desarrollaron sobre la base de normas reconocidas. También se deberá revisar el protocolo de GC/CC vigente en los sitios y las estimaciones resultantes deberán compararse entre sitios y con estimaciones basadas en datos por defecto.

Es una *buena práctica* que los países que emplean métodos del Nivel 1 analicen y, si es necesario, revisen las hipótesis por defecto para existencias de carbono en los depósitos de hojarasca y madera muerta que se requieren para la estimación de las pérdidas de carbono producidas por la deforestación. Se alienta a los países que aplican métodos de niveles superiores a que calculen indicadores intermedios de los modelos utilizados para desarrollar estimaciones de los cambios en las existencias de DOM. Por ejemplo, con los procedimientos de GC/CC se podrían comparar estimaciones de cantidad de existencias, entradas de hojarasca, pérdidas por decaimiento, etc. con respecto a valores encontrados en la bibliografía o en otras publicaciones revisadas por pares. Cuando resulte posible, es también una *buena práctica*, comparar las estimaciones modelo contra mediciones de campo y otras fuentes de datos. Una verificación de GC/CC que se implementa fácilmente al modelizar sistemas, consiste en calcular un balance de masas interno para garantizar que el modelo no produzca ni pierda carbono que no haya sido declarado como fuente ni sumidero. Por ejemplo, los requisitos en cuanto a conservación de la masa señalan que las pérdidas de los depósitos de biomasa se contabilicen como entradas a los depósitos de DOM, se eliminen del ecosistema forestal o se liberen a la atmósfera (en caso de incendio). Más aun, los datos de cosecha se pueden utilizar para verificar las estimaciones de prevención de pérdidas producidas por los modelos. Un segundo procedimiento de GC/CC que se puede aplicar en países que utilicen métodos de estimación de niveles superiores es establecer límites superior e inferior para los depósitos de DOM estratificados por regiones, tipo de bosques y tipos de suelo (suelos orgánicos vs. suelos minerales). Todo valor declarado en los inventarios o estimado por modelos que esté fuera de tales límites se puede investigar con mayor profundidad.

#### 4.4.4 Generación de informes y documentación

Los requisitos generales para la generación de informes y de documentación se establecen en el Volumen 1, Capítulo 8. En general, constituye una *buena práctica* archivar y documentar todos los datos y la información (como figuras, estadísticas, fuentes de hipótesis, métodos de modelización, análisis de incertidumbre, estudios de validación, métodos de inventario, experimentos de investigación, mediciones que surjan de estudios de campo *in situ*, protocolos asociados y otros datos básicos) aplicados para producir el inventario nacional de emisiones y absorciones. Se deberá declarar lo elaborado respecto a las definiciones de depósitos de carbono, así como las definiciones destinadas a determinar el alcance de las tierras gestionadas incluidas en el inventario, junto con prueba de que tales definiciones se han aplicado coherentemente durante el período en cuestión.

Es necesario contar con documentación para demostrar la exhaustividad, la coherencia de los datos de las series temporales y los métodos para interpolación entre muestras, métodos y años, y para recalcular y evitar el cómputo doble, así como para realizar GC/CC. A medida que los compiladores del inventario deciden ir avanzando hacia niveles superiores, cuyos métodos y datos de cálculo no se describen en este volumen ni se caracterizan por enfoques más desagregados, se requiere un mayor volumen de documentación para justificar el uso de metodologías más avanzadas y más exactas, parámetros definidos por país y mapas y conjuntos de datos de alta resolución. Sin embargo, en todos los niveles, se requiere explicación respecto a decisiones relativas a la elección de la metodología, los coeficientes y los datos de la actividad. El propósito es facilitar la reconstrucción de las estimaciones por parte de terceros independientes, aunque puede resultar poco práctico incluir toda la documentación necesaria en el informe nacional de inventario. Por lo tanto, el inventario debe incluir resúmenes de los métodos utilizados y referencias a las fuentes de datos, de modo que las estimaciones de emisiones resulten transparentes y que se puedan volver a rastrear las etapas adoptadas para su cálculo.

**Factores de emisión:** se deben citar las fuentes de emisión o los factores de absorción que se utilizaron (sean valores por defecto específicos del IPCC o de otro tipo). Si se emplearon factores de emisión específicos del país —o de la región— o forestales, y si se aplicaron nuevos métodos (que no sean los métodos por defecto del

IPCC), se debe describir y documentar la base científica de tales factores de emisión y métodos. Incluye definir los parámetros de entradas y describir el proceso mediante el cual se derivaron estos factores de emisión y métodos, así como describir las fuentes y las magnitudes de las incertidumbres. Los organismos a cargo del inventario que utilizan factores de emisión específicos del país deberán suministrar información respecto a la base sobre la cual se seleccionó un factor diferente, describir cómo se lo derivó, compararlo con otros factores de emisión publicados, explicar eventuales diferencias significativas e intentar fijar límites a la incertidumbre.

**Datos de la actividad:** se deben suministrar todas las fuentes de los datos de la actividad, tales como superficies, tipos y características del suelo y cubiertas vegetales, utilizados en los cálculos (es decir, citas completas de las bases de datos estadísticas de las que se obtuvieron los datos). Resulta útil hacer referencia a la «metadata» para las bases de datos, incluyendo información sobre fechas y frecuencia de la recopilación de datos, procedimientos de muestreo, procedimientos analíticos empleados para obtener las características del suelo y los mínimos cambios detectables del carbono orgánico, y estimaciones de exactitud y precisión. Cuando los datos de la actividad no se obtuvieron directamente de las bases de datos, se debe declarar la información y las hipótesis empleadas para derivar los datos de la actividad, así como las estimaciones de la incertidumbre relacionada con los datos de la actividad derivados. Esto se aplica, en particular, cuando se emplean procedimientos de ampliación a escala para derivar estimaciones a gran escala; en estos casos se deben describir los procedimientos estadísticos junto con la incertidumbre asociada.

**Resultados de las simulaciones de modelos:** si los organismos a cargo del inventario utilizaron salidas de datos de modelos en sus procedimientos de estimación, se deberá informar cuál fue la justificación lógica para la selección y el uso del modelo. Es una *buena práctica* suministrar citas completas de publicaciones revisadas por pares en las que se describa el modelo y se interpreten y validen los resultados de la modelización. Se debe suministrar información detallada a fin de que los revisores puedan determinar la validez del modelo, incluyendo el método de modelización general, las principales hipótesis del modelo, los datos de entrada y salida, los valores de los parámetros y los procedimientos de parametrización, los intervalos de confianza de las salidas de los modelos, y el resultado de todo análisis de sensibilidad realizado respecto a la salida. Además, se deberá archivar permanentemente el código fuente computarizado para los modelos para usar como futura referencia, así como todos los archivos de entrada y de salida.

**Análisis de las emisiones:** se debe explicar toda fluctuación significativa de las emisiones entre años. Se debe hacer una distinción entre los cambios en los niveles de actividad y los cambios de los coeficientes de emisión de año a año, y debe documentarse las razones de tales cambios. Si se emplean diferentes factores de emisión para los distintos años, se explican y se documentan las razones de tal proceder.

## 4.5 CUADROS

CUADRO 4.1					
DOMINIOS CLIMÁTICOS (FAO, 2001), REGIONES CLIMÁTICAS (CAPÍTULO 3) Y ZONAS ECOLÓGICAS (FAO, 2001)					
Dominio climático		Región climática	Zona ecológica		
Dominio	Criterios de dominio		Zona	Código	Criterios de zona
<b>Tropical</b>	todos los meses sin heladas; en zonas marinas, temperatura >18°C	Tropical, muy húmedo	Bosque tropical lluvioso	TAr	muy húmedo: ≤ 3 meses, durante el invierno
		Tropical, húmedo	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	TAwa	principalmente muy húmedo: 3-5 meses seco, durante el invierno
		Tropical, seco	Bosque tropical seco	TAWb	principalmente seco: 5-8 meses seco, durante el invierno
			Arbustos tropicales	TBSH	semiárido: evaporación > precipitación
			Desierto tropical	TBWh	árido: todos los meses secos
Tropical montano	Sistemas montañosos tropicales	TM	altitudes de aproximadamente > 1000 m, con variaciones locales		
<b>Subtropical</b>	≥ 8 meses a temperatura >10°C	Templado cálido, húmedo	Bosque húmedo subtropical	SCf	húmedo: no hay estación seca
		Templado cálido, seco	Bosque seco subtropical	SCs	estacionalmente seco: lluvias invernales, verano seco
			Estepa subtropical	SBSH	semiárido: evaporación > precipitación
			Desierto subtropical	SBWh	árido: todos los meses secos
		Templado cálido húmedo o seco	Sistemas montañosos subtropicales	SM	Altitudes de aproximadamente 800 a 1000 m
<b>Templado</b>	≥ 4-8 meses a temperatura >10°C	Templado frío, húmedo	Bosque oceánico templado	TeDo	clima oceánico: mes más frío >0°C
			Bosque continental templado	TeDc	clima continental: mes más frío <0°C
		Frío templado, seco	Estepa templada	TeBSk	semiárido: evaporación > precipitación
			Desierto templado	TeBWk	árido: todos los meses secos
		Templado frío húmedo o seco	Sistemas montañosos templados	TeM	altitudes de aproximadamente >800 m
<b>Boreal</b>	≤ 3 meses a temperatura >10°C	Boreal, húmedo	Bosque de coníferas boreal	Ba	bosque denso de coníferas dominantes
		Boreal, seco	Bosques de tundra boreal	Bb	bosque maderero y bosque de escasa vegetación dominantes
		Boreal húmedo o seco	Sistemas montañosos boreales	BM	altitudes de aproximadamente >600 m
<b>Polar</b>	todos los meses <10°C	Polar húmedo o seco	Polar	P	todos los meses <10°C

Dominio climático: Zona con un régimen de temperaturas relativamente homogéneo, equivalente a los grupos climáticos Köppen-Trewartha (Köppen, 1931).

Región climática: Zonas de clima similar según lo definido en el Capítulo 3 para declaración de diferentes depósitos de carbono.

Zona ecológica: Zona con diversas formaciones vegetales naturales, aunque relativamente homogéneas, que son similares pero no necesariamente idénticas en su fisonomía.

Mes seco: Un mes en el que el total de precipitaciones (mm) ≤ 2 x Temperatura media (°C).

**CUADRO 4.2**  
**CLASES DE BOSQUES Y COBERTURAS DE LA TIERRA**

<b>Clases de bosques y de coberturas de la tierra</b>	<b>Definición</b>
Bosque	<p>Tierras que se extienden a más de 0,5 hectáreas con árboles de más de 5 metros de altura y una cubierta forestal de más del 10 por ciento, o con árboles capaces de alcanzar estos umbrales <i>in situ</i>. No incluye tierras que estén predominantemente bajo uso agrícola ni tierras urbanas.</p> <p>Los bosques están determinados por la presencia de árboles y la ausencia de otros usos predominantes de la tierra. Los árboles deben tener la capacidad de alcanzar una altura mínima de 5 metros <i>in situ</i>. Las superficies bajo reforestación que aún no han alcanzado una cubierta forestal del 10 por ciento y árboles de 5 metros de altura pero que se espera que lo hagan también se incluyen, así como tierras temporalmente sin existencias, provocadas por la intervención humana o por causas naturales, que se espera que se regeneren.</p> <p>Incluyen: superficies con cañas y palmeras siempre que cumplan con los criterios de altura y cobertura forestal; caminos forestados, cortafuegos y otras pequeñas áreas abiertas; bosques en parques nacionales, reservas naturales y otras áreas protegidas, como las de interés específico científico, histórico, cultural o espiritual; cortafuegos, rompevientos y corredores de árboles con una superficie de más de 0,5 hectárea y un ancho de más de 20 metros; plantaciones utilizadas fundamentalmente con propósitos de forestación y de protección, tales como las plantaciones de árboles de caucho y arboledas de alcornoques.</p> <p>No incluyen: arboledas en sistemas de producción agrícola; por ejemplo, en plantaciones de frutales y sistemas agroforestales. También se excluyen los árboles de los parques y jardines urbanos.</p>
Otras tierras boscosas	<p>Tierras no clasificadas como «Bosques», que se extiendan por más de 0,5 hectáreas; con árboles de más de 5 metros de altura y una cobertura forestal del 5-10 por ciento, o árboles capaces de alcanzar estos umbrales <i>in situ</i>, o con una cobertura combinada de matas, arbustos y árboles de más del 10 por ciento. No incluye tierras que estén predominantemente bajo uso agrícola ni tierras urbanas.</p>
Otras tierras	<p>Todas las tierras no clasificadas como bosques u otras tierras boscosas.</p> <p>Incluyen: tierras agrícolas, praderas y pasturas, áreas edificadas, campo raso, etc.; áreas clasificadas bajo la subcategoría «Otras tierras con cobertura arbórea».</p>
Otras tierras con cobertura arbórea	<p>Tierras clasificadas como otras tierras, que se extiendan por más de 0,5 hectáreas con una cobertura forestal de más del 10 por ciento de árboles capaces de alcanzar una altura de 5 metros en su madurez.</p> <p>Incluyen: grupos de árboles y árboles dispersos en paisajes agrícolas, parques, jardines, y alrededor de edificaciones (siempre que se cumplan con los criterios de superficie, altura y cobertura forestal); plantaciones de árboles realizadas especialmente para otros propósitos que no sean la madera, tales como huertos de frutales y plantaciones de palmeras.</p>
<p>Fuente: FAO, 2006. Global Forest Resources Assessment 2005 – progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper No. 147. Roma.</p>	

**CUADRO 4.3**  
**FRACCIÓN DE CARBONO DE LA BIOMASA FORESTAL AÉREA**

<b>Dominio</b>	<b>Parte del árbol</b>	<b>Fracción de carbono (CF) [ton C (d.m.)<sup>-1</sup>]</b>	<b>Referencias</b>
<b>Valor por defecto</b>	Todas	0,47	McGroddy <i>et al.</i> , 2004
<b>Tropical y subtropical</b>	Todas	0,47 (0,44 - 0,49)	Andreae y Merlet, 2001; Chambers <i>et al.</i> , 2001; McGroddy <i>et al.</i> , 2004; Lasco y Pulhin, 2003
	madera	0,49	Feldpausch <i>et al.</i> , 2004
	madera, árbol d < 10 cm	0,46	Hughes <i>et al.</i> , 2000
	madera, árbol d ≥ 10 cm	0,49	Hughes <i>et al.</i> , 2000
	follaje	0,47	Feldpausch <i>et al.</i> , 2004
	follaje, árbol d < 10 cm	0,43	Hughes <i>et al.</i> , 2000
	follaje, árbol d ≥ 10 cm	0,46	Hughes <i>et al.</i> , 2000
<b>Templado y boreal</b>	Todas	0,47 (0,47 - 0,49)	Andreae y Merlet, 2001; Gayoso <i>et al.</i> , 2002; Matthews, 1993; McGroddy <i>et al.</i> , 2004
	de hoja ancha	0,48 (0,46 - 0,50)	Lamlom y Savidge, 2003
	coníferas	0,51 (0,47 - 0,55)	Lamlom y Savidge, 2003

<b>CUADRO 4.4</b>				
<b>RELACIÓN BIOMASAS SUBTERRÁNEA / BIOMASA AÉREA (R)</b>				
<b>Dominio</b>	<b>Zona ecológica</b>	<b>Biomasa aérea</b>	<b>R</b> [ton raíz d.m. (ton d.m.) <sup>-1</sup> ]	<b>Referencias</b>
<b>Tropical</b>	Bosque tropical lluvioso		0,37	Fittkau y Klinge, 1973
	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	biomasa aérea <125 ton há <sup>-1</sup>	0,20 (0,09 - 0,25)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea >125 ton há <sup>-1</sup>	0,24 (0,22 - 0,33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Bosque tropical seco	biomasa aérea <20 ton há <sup>-1</sup>	0,56 (0,28 - 0,68)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea >20 ton há <sup>-1</sup>	0,28 (0,27 - 0,28)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Arbustos tropicales		0,40	Poupon, 1980
	Sistemas montañosos tropicales		0,27 (0,27 - 0,28)	Singh <i>et al.</i> , 1994
<b>Subtropical</b>	Bosque húmedo subtropical	biomasa aérea <125 ton há <sup>-1</sup>	0,20 (0,09 - 0,25)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea >125 ton há <sup>-1</sup>	0,24 (0,22 - 0,33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Bosque seco subtropical	biomasa aérea <20 ton há <sup>-1</sup>	0,56 (0,28 - 0,68)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea >20 ton há <sup>-1</sup>	0,28 (0,27 - 0,28)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Estepa subtropical		0,32 (0,26 - 0,71)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Sistemas montañosos subtropicales		no se dispone de estimación	
<b>Templado</b>	Bosque oceánico templado, Bosque continental templado, Sistemas montañosos templados	biomasa aérea de coníferas <50 ton há <sup>-1</sup>	0,40 (0,21 - 1,06)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea de coníferas 50-150 ton há <sup>-1</sup>	0,29 (0,24 - 0,50)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea de coníferas >150 ton há <sup>-1</sup>	0,20 (0,12 - 0,49)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea Quercus spp. >70 ton há <sup>-1</sup>	0,30 (0,20 - 1,16)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea Eucaliptus spp. <50 ton há <sup>-1</sup>	0,44 (0,29 - 0,81)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea Eucaliptus spp. 50-150 ton há <sup>-1</sup>	0,28 (0,15 - 0,81)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea Eucaliptus spp. >150 ton há <sup>-1</sup>	0,20 (0,10 - 0,33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea otras de hoja ancha <75 ton há <sup>-1</sup>	0,46 (0,12 - 0,93)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea otras de hoja ancha 75-150 ton há <sup>-1</sup>	0,23 (0,13 - 0,37)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea otras de hoja ancha >150 ton há <sup>-1</sup>	0,24 (0,17 - 0,44)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		<b>Boreal</b>	Bosque de coníferas boreal, bosques de tundra boreal, sistemas montañosos boreales	biomasa aérea <75 ton há <sup>-1</sup>
biomasa aérea >75 ton há <sup>-1</sup>	0,24 (0,15 - 0,37)			Li <i>et al.</i> , 2003; Mokany <i>et al.</i> , 2006

**CUADRO 4.5**  
**FACTORES DE CONVERSIÓN Y EXPANSIÓN DE BIOMASA POR DEFECTO (BCEF), TON BIOMASA (M<sup>3</sup> DE MADERA)<sup>-1</sup>**

BCEF para la expansión del volumen de existencias venables en crecimiento a biomasa aérea (BCEF<sub>S</sub>), para conversión del incremento anual neto (BCEF<sub>I</sub>) y para la conversión del volumen de retirada de madera y madera combustible a retirada de biomasa aérea (BCEF<sub>R</sub>)

Zona climática	Tipo de bosque	BCEF	Nivel de existencias en crecimiento (m <sup>3</sup> )			
			<20	21-50	51-100	>100
Boreal	pinos	BCEF <sub>S</sub>	<b>1,2</b> (0,85-1,3)	<b>0,68</b> (0,5-0,72)	<b>0,57</b> (0,52-0,65)	<b>0,5</b> (0,45-0,58)
		BCEF <sub>I</sub>	0,47	0,46	0,46	0,463
		BCEF <sub>R</sub>	1,33	0,75	0,63	0,55
	alerces	BCEF <sub>S</sub>	<b>1,22</b> (0,9-1,5)	<b>0,78</b> (0,7-0,8)	<b>0,77</b> (0,7-0,85)	<b>0,77</b> (0,7-0,85)
		BCEF <sub>I</sub>	0,9	0,75	0,77	0,77
		BCEF <sub>R</sub>	1,35	0,87	0,85	0,85
	abetos y piceas	BCEF <sub>S</sub>	<b>1,16</b> (0,8-1,5)	<b>0,66</b> (0,55-0,75)	<b>0,58</b> (0,5-0,65)	<b>0,53</b> (0,45-0,605)
		BCEF <sub>I</sub>	0,55	0,47	0,47	0,464
		BCEF <sub>R</sub>	1,29	0,73	0,64	0,59
	maderas duras	BCEF <sub>S</sub>	<b>0,9</b> (0,7-1,2)	<b>0,7</b> (0,6-0,75)	<b>0,62</b> (0,53-0,7)	<b>0,55</b> (0,5-0,65)
		BCEF <sub>I</sub>	0,65	0,54	0,52	0,505
		BCEF <sub>R</sub>	1,0	0,77	0,69	0,61

**CUADRO 4.5 (CONTINUACIÓN)**  
**FACTORES DE CONVERSIÓN Y EXPANSIÓN DE BIOMASA POR DEFECTO (BCEF), TON BIOMASA (M<sup>3</sup> DE MADERA)<sup>-1</sup>**

BCEF para la expansión del volumen de existencias venables en crecimiento a biomasa aérea (BCEF<sub>S</sub>), para conversión del incremento anual neto (BCEF<sub>I</sub>) y para la conversión del volumen de retirada de madera y madera combustible a retirada de biomasa aérea (BCEF<sub>R</sub>)

Zona climática	Tipo de bosque	BCEF	Nivel de existencias en crecimiento (m <sup>3</sup> )				
			<20	21-40	41-100	100 -200	>200
<b>Templado</b>	maderas duras	BCEF <sub>S</sub>	<b>3,0</b> (0,8-4,5)	<b>1,7</b> (0,8-2,6)	<b>1,4</b> (0,7-1,9)	<b>1,05</b> (0,6-1,4)	<b>0,8</b> (0,55-1,1)
		BCEF <sub>I</sub>	1,5	1,3	0,9	0,6	0,48
		BCEF <sub>R</sub>	3,33	1,89	1,55	1,17	0,89
	pinos	BCEF <sub>S</sub>	<b>1,8</b> (0,6 -2,4)	<b>1,0</b> (0,65 -1,5)	<b>0,75</b> (0,6-1,0)	<b>0,7</b> (0,4-1,0)	<b>0,7</b> (0,4-1,0)
		BCEF <sub>I</sub>	1,5	0,75	0,6	0,67	0,69
		BCEF <sub>R</sub>	2,0	1,11	0,83	0,77	0,77
	otras coníferas	BCEF <sub>S</sub>	<b>3,0</b> (0,7-4,0)	<b>1,4</b> (0,5-2,5)	<b>1,0</b> (0,5-1,4)	<b>0,75</b> (0,4-1,2)	<b>0,7</b> (0,35-0,9)
		BCEF <sub>I</sub>	1,0	0,83	0,57	0,53	0,60
		BCEF <sub>R</sub>	3,33	1,55	1,11	0,83	0,77
<b>Mediterráneo, tropical seco, subtropical</b>	maderas duras		<20	21-40	41-80	>80	
		BCEF <sub>S</sub>	<b>5,0</b> (2,0-8,0)	<b>1,9</b> (1,0-2,6)	<b>0,8</b> (0,6-1,4)	<b>0,66</b> (0,4-0,9)	
		BCEF <sub>I</sub>	1,5	0,5	0,55	0,66	
	BCEF <sub>R</sub>	5,55	2,11	0,89	0,73		
	coníferas	BCEF <sub>S</sub>	<b>6,0</b> (3,0-8,0)	<b>1,2</b> (0,5-2,0)	<b>0,6</b> (0,4-0,9)	<b>0,55</b> (0,4-0,7)	
		BCEF <sub>I</sub>	1,5	0,4	0,45	0,54	
BCEF <sub>R</sub>		6,67	1,33	0,67	0,61		

**CUADRO 4.5 (CONTINUACIÓN)**  
**FACTORES DE CONVERSIÓN Y EXPANSIÓN DE BIOMASA POR DEFECTO (BCEF), TON BIOMASA (M<sup>3</sup> DE MADERA)<sup>-1</sup>**

BCEF para la expansión del volumen de existencias venables en crecimiento a biomasa aérea (BCEF<sub>S</sub>), para conversión del incremento anual neto (BCEF<sub>I</sub>) y para la conversión del volumen de retirada de madera y madera combustible a retirada de biomasa aérea (BCEF<sub>R</sub>)

Zona climática	Tipo de bosque	BCEF	Nivel de existencias en crecimiento (m <sup>3</sup> )							
			<10	11-20	21-40	41-60	61-80	80-120	120-200	>200
Tropical húmedo	coníferas	BCEF <sub>S</sub>	<b>4,0</b> (3,0-6,0)	<b>1,75</b> (1,4-2,4)	<b>1,25</b> (1,0-1,5)	<b>1,0</b> (0,8-1,2)	<b>0,8</b> (0,7-1,2)	<b>0,76</b> (0,6-1,0)	<b>0,7</b> (0,6-0,9)	<b>0,7</b> (0,6-0,9)
		BCEF <sub>I</sub>	2,5	0,95	0,65	0,55	0,53	0,58	0,66	0,70
		BCEF <sub>R</sub>	4,44	1,94	1,39	1,11	0,89	0,84	0,77	0,77
	bosques naturales	BCEF <sub>S</sub>	<b>9,0</b> (4,0-12,0)	<b>4,0</b> (2,5-4,5)	<b>2,8</b> (1,4-3,4)	<b>2,05</b> (1,2-2,5)	<b>1,7</b> (1,2-2,2)	<b>1,5</b> (1,0-1,8)	<b>1,3</b> (0,9-1,6)	<b>0,95</b> (0,7-1,1)
		BCEF <sub>I</sub>	4,5	1,6	1,1	0,93	0,9	0,87	0,86	0,85
		BCEF <sub>R</sub>	10,0	4,44	3,11	2,28	1,89	1,67	1,44	1,05

**Nota:** Los valores inferiores de los rangos para BCEF<sub>S</sub> se aplican si la definición de existencias en crecimiento incluye ramas, puntas de tallos y árboles dañados; los valores superiores se aplican si las ramas y las copas no son parte de las existencias en crecimiento, si los diámetros mínimos en la definición de existencias en crecimiento son grandes, si el volumen de lo inventariado está próximo al límite inferior o si las densidades básicas de la madera son relativamente altas. Se pueden encontrar gráficos continuos, formularios funcionales y actualizaciones con nuevos estudios en el sitio Web sobre cambios forestales y climáticos: <http://www.fao.org/forestry/>

Los BCEFs promedio de bosques no homogéneos deberán derivarse, en el grado en que sea posible, como promedios ponderados. Constituye una *buena práctica* justificar los factores elegidos. Para aplicar BCEF<sub>I</sub>, es necesario contar con una estimación del promedio de existencias en crecimiento. Se la puede derivar de FRA 2005 en <http://www.fao.org/forestry/>

Los valores de BCEF<sub>R</sub> se derivan dividiendo BCEF<sub>S</sub> por 0,9

**Fuentes:** *Bosques boreales:* Alexeyev V.A. y R.A. Birdseye, 1998; Fang J. y Z.M. Wang, 2001; *bosques templados:* Fang J. *et al.*, 2001; Fukuda M. *et al.*, 2003; Schroeder P. *et al.*, 1997; Snowdon P. *et al.*, 2000; Smith J. *et al.*, 2002; Brown S., 1999; Schoene D. y A. Schulte, 1999; Smith J. *et al.*, 2004; *bosques mediterráneos:* Vayreda *et al.*, 2002; Gracia *et al.*, 2002; *bosques tropicales:* Brown S. *et al.*, 1989; Brown S. y A. Lugo, 1992; Brown S., 2002; Fang J.Y., 2001.

CUADRO 4.6 FACTORES DE EMISIÓN PARA SUELOS ORGÁNICOS DRENADOS EN BOSQUES GESTIONADOS		
Clima	Factores de emisión (ton C há <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	
	Valores	Rangos
Tropical	1,36	0,82 – 3,82
Templado	0,68	0,41 – 1,91
Boreal	0,16	0,08 – 1,09

Fuente: GPG-LULUCF, Cuadro 3.2.3

CUADRO 4.7 BIOMASA AÉREA DE LOS BOSQUES				
Dominio	Zona ecológica	Continente	Biomasa aérea (ton d.m. há <sup>-1</sup> )	Referencias
Tropical	Bosque tropical lluvioso	África	310 (130-510)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur	300 (120-400)	Baker <i>et al.</i> , 2004a; Hughes <i>et al.</i> , 1999
		Asia (continental)	280 (120-680)	IPCC, 2003
		Asia (insular)	350 (280-520)	IPCC, 2003
	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	África	260 (160-430)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur	220 (210-280)	IPCC, 2003
		Asia (continental)	180 (10-560)	IPCC, 2003
	Bosque tropical seco	Asia (insular)	290	IPCC, 2003
		África	120 (120-130)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur	210 (200-410)	IPCC, 2003
		Asia (continental)	130 (100-160)	IPCC, 2003
	Arbustos tropicales	Asia (insular)	160	IPCC, 2003
		África	70 (20-200)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur	80 (40-90)	IPCC, 2003
		Asia (continental)	60	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos tropicales	Asia (insular)	70	IPCC, 2003
África		40-190	IPCC, 2003	
América del Norte y del Sur		60-230	IPCC, 2003	
Asia (continental)		50-220	IPCC, 2003	
Subtropical	Bosque húmedo subtropical	Asia (insular)	50-360	IPCC, 2003
		África	220 (210-280)	IPCC, 2003
		Asia (continental)	180 (10-560)	IPCC, 2003
	Bosque seco subtropical	Asia (insular)	290	IPCC, 2003
		África	140	Sebei <i>et al.</i> , 2001
		América del Norte y del Sur	210 (200-410)	IPCC, 2003
	Estepa subtropical	Asia (continental)	130 (100-160)	IPCC, 2003
		Asia (insular)	160	IPCC, 2003
		África	70 (20-200)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur	80 (40-90)	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos subtropicales	Asia (continental)	60	IPCC, 2003
		Asia (insular)	70	IPCC, 2003
África		50	Montès <i>et al.</i> , 2002	
América del Norte y del Sur		60-230	IPCC, 2003	
		Asia (continental)	50-220	IPCC, 2003
		Asia (insular)	50-360	IPCC, 2003

CUADRO 4.7 (CONTINUACIÓN)				
BIOMASA AÉREA DE LOS BOSQUES				
Dominio	Zona ecológica	Continente	Biomasa aérea (ton d.m. há <sup>-1</sup> )	Referencias
Templado	Bosque oceánico templado	Europa	120	-
		América del Norte	660 (80-1200)	Hessl <i>et al.</i> , 2004; Smithwick <i>et al.</i> , 2002
		Nueva Zelanda	360 (210-430)	Hall <i>et al.</i> , 2001
		América del Sur	180 (90-310)	Gayoso y Schlegel, 2003; Battles <i>et al.</i> , 2002
	Bosque continental templado	Asia, Europa (≤20 años)	20	IPCC, 2003
		Asia, Europa (>20 años)	120 (20-320)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	60 (10-130)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	130 (50-200)	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos templados	Asia, Europa (≤20 años)	100 (20-180)	IPCC, 2003
		Asia, Europa (>20 años)	130 (20-600)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	50 (20-110)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	130 (40-280)	IPCC, 2003
	Boreal	Bosque de coníferas boreal	Asia, Europa, América del Norte	10-90
Bosques de tundra boreal		Asia, Europa, América del Norte (≤20 años)	3-4	IPCC, 2003
		Asia, Europa, América del Norte (>20 años)	15-20	IPCC, 2003
Sistemas montañosos boreales		Asia, Europa, América del Norte (≤20 años)	12-15	IPCC, 2003
		Asia, Europa, América del Norte (>20 años)	40-50	IPCC, 2003

CUADRO 4.8				
BIOMASA AÉREA DE LAS PLANTACIONES FORESTALES				
Dominio	Zona ecológica	Continente	Biomasa aérea (ton d.m. há <sup>-1</sup> )	Referencias
Tropical	Bosque tropical lluvioso	África hoja ancha >20 años	300	IPCC, 2003
		África hoja ancha ≤20 años	100	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	200	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	60	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	200	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	300	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	240	Kraenzel <i>et al.</i> , 2003
		América otras de hoja ancha	150	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha	220	IPCC, 2003
		Asia otras	130	IPCC, 2003
	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	África hoja ancha >20 años	150	IPCC, 2003
		África hoja ancha ≤20 años	80	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	120	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	40	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	90	Stape <i>et al.</i> , 2004
		América Pinus sp.	270	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	120	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	100	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha	180	IPCC, 2003
		Asia otras	100	IPCC, 2003

**CUADRO 4.8 (CONTINUACIÓN)**  
**BIOMASA AÉREA DE LAS PLANTACIONES FORESTALES**

<b>Dominio</b>	<b>Zona ecológica</b>	<b>Continente</b>	<b>Biomasa aérea (ton d.m. há<sup>-1</sup>)</b>	<b>Referencias</b>	
	Bosque tropical seco	África hoja ancha >20 años	70	IPCC, 2003	
		África hoja ancha ≤20 años	30	IPCC, 2003	
		África Pinus sp. >20 años	60	IPCC, 2003	
		África Pinus sp. ≤20 años	20	IPCC, 2003	
		América Eucalyptus sp.	90	Stape <i>et al.</i> , 2004	
		América Pinus sp.	110	IPCC, 2003	
		América Tectona grandis	90	IPCC, 2003	
		América otras de hoja ancha	60	IPCC, 2003	
		Asia hoja ancha	90	IPCC, 2003	
		Asia otras	60	IPCC, 2003	
	Arbustos tropicales	África hoja ancha	20	IPCC, 2003	
		África Pinus sp. >20 años	20	IPCC, 2003	
		África Pinus sp. ≤20 años	15	IPCC, 2003	
		América Eucalyptus sp.	60	IPCC, 2003	
		América Pinus sp.	60	IPCC, 2003	
		América Tectona grandis	50	IPCC, 2003	
		América otras de hoja ancha	30	IPCC, 2003	
		Asia hoja ancha	40	IPCC, 2003	
	Sistemas montañosos tropicales	África hoja ancha >20 años	60-150	IPCC, 2003	
		África hoja ancha ≤20 años	40-100	IPCC, 2003	
		África Pinus sp. >20 años	30-100	IPCC, 2003	
		África Pinus sp. ≤20 años	10-40	IPCC, 2003	
		América Eucalyptus sp.	30-120	IPCC, 2003	
		América Pinus sp.	60-170	IPCC, 2003	
		América Tectona grandis	30-130	IPCC, 2003	
		América otras de hoja ancha	30-80	IPCC, 2003	
		Asia hoja ancha	40-150	IPCC, 2003	
		Asia otras	25-80	IPCC, 2003	
	<b>Subtropical</b>	Bosque húmedo subtropical	América Eucalyptus sp.	140	IPCC, 2003
			América Pinus sp.	270	IPCC, 2003
América Tectona grandis			120	IPCC, 2003	
América otras de hoja ancha			100	IPCC, 2003	
Asia hoja ancha			180	IPCC, 2003	
Asia otras		100	IPCC, 2003		
Bosque seco subtropical		África hoja ancha >20 años	70	IPCC, 2003	
		África hoja ancha ≤20 años	30	IPCC, 2003	
		África Pinus sp. >20 años	60	IPCC, 2003	
		África Pinus sp. ≤20 años	20	IPCC, 2003	
		América Eucalyptus sp.	110	IPCC, 2003	
		América Pinus sp.	110	IPCC, 2003	
		América Tectona grandis	90	IPCC, 2003	
		América otras de hoja ancha	60	IPCC, 2003	
		Asia hoja ancha	90	IPCC, 2003	
		Asia otras	60	IPCC, 2003	

**CUADRO 4.8 (CONTINUACIÓN)**  
**BIOMASA AÉREA DE LAS PLANTACIONES FORESTALES**

<b>Dominio</b>	<b>Zona ecológica</b>	<b>Continente</b>	<b>Biomasa aérea (ton d.m. há<sup>-1</sup>)</b>	<b>Referencias</b>
	Estepa subtropical	África hoja ancha	20	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	20	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	15	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	60	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	60	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	50	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	30	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha >20 años	80	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha ≤20 años	10	IPCC, 2003
		Asia coníferas >20 años	20	IPCC, 2003
	Asia coníferas ≤20 años	100-120	IPCC, 2003	
	Sistemas montañosos subtropicales	África hoja ancha >20 años	60-150	IPCC, 2003
		África hoja ancha ≤20 años	40-100	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	30-100	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	10-40	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	30-120	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	60-170	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	30-130	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	30-80	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha	40-150	IPCC, 2003
Asia otras		25-80	IPCC, 2003	
<b>Templado</b>	Bosque oceánico templado	Asia, Europa >20 años	200	IPCC, 2003
		Asia, Europa, hoja ancha ≤20 años	30	IPCC, 2003
		Asia, Europa, coníferas >20 años	150-250	IPCC, 2003
		Asia, Europa, coníferas ≤20 años	40	IPCC, 2003
		América del Norte	50-300	IPCC, 2003
		Nueva Zelanda	150-350	Hinds y Reid, 1957; Hall y Hollinger, 1997; Hall, 2001
	Bosque continental	América del Sur	90-120	IPCC, 2003
		Asia, Europa >20 años	200	IPCC, 2003
		Asia, Europa, hoja ancha ≤20 años	15	IPCC, 2003
		Asia, Europa, coníferas >20 años	150-200	IPCC, 2003
		Asia, Europa, coníferas ≤20 años	25-30	IPCC, 2003
		América del Norte	50-300	IPCC, 2003
<b>Boreal</b>	Bosque coníferas y	América del Sur	90-120	IPCC, 2003
		Asia, Europa >20 años	40	IPCC, 2003
		Asia, Europa ≤20 años	5	IPCC, 2003
	Bosques de tundra boreal	América del Norte	40-50	IPCC, 2003
		Asia, Europa >20 años	25	IPCC, 2003
		Asia, Europa ≤20 años	5	IPCC, 2003
		América del Norte	25	IPCC, 2003

**CUADRO 4.9**  
**CRECIMIENTO NETO DE LA BIOMASA AÉREA EN BOSQUES NATURALES**

Dominio	Zona ecológica	Continente	Crecimiento de la biomasa aérea (ton d.m. há <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Referencia
Tropical	Bosque tropical lluvioso	África (≤20 años)	10	IPCC, 2003
		África (>20 años)	3,1 (2,3-3,8)	IPCC, 2003
		América del Norte	0,9-18	Clark <i>et al.</i> , 2003 ; Hughes <i>et al.</i> , 1999
		América del Sur (≤20 años)	11	Feldpausch <i>et al.</i> , 2004
		América del Sur (>20 años)	3,1 (1,5-5,5)	Malhi <i>et al.</i> , 2004
		Asia (continental) ≤20 años)	7,0 (3,0-11,0)	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años)	2,2 (1,3-3,0)	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	13	IPCC, 2003
	Asia (insular >20 años)	3,4	IPCC, 2003	
	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	África (≤20 años)	5	Harmand <i>et al.</i> , 2004
		África (>20 años)	1,3	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	7,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	2,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años)	9,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años)	2,0	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	11	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	3,0	IPCC, 2003
	Bosque tropical seco	África (≤20 años)	2,4 (2,3-2,5)	IPCC, 2003
		África (>20 años)	1,8 (0,6-3,0)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	4,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	1,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años)	6,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años)	1,5	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	7,0	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	2,0	IPCC, 2003
	Arbustos tropicales	África (≤20 años)	0,2-0,7	Nygård <i>et al.</i> , 2004
		África (>20 años)	0,9 (0,2-1,6)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	4,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	1,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años)	5,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años)	1,3 (1,0-2,2)	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	2,0	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	1,0	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos tropicales	África (≤20 años)	2,0-5,0	IPCC, 2003
		África (>20 años)	1,0-1,5	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	1,8-5,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	0,4-1,4	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años)	1,0-5,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años)	0,5-1,0	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	3,0-12	IPCC, 2003
Asia (insular >20 años)		1,0-3,0	IPCC, 2003	
Subtropical	Bosque húmedo subtropical	América del Norte y del Sur (≤20 años)	7,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	2,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años)	9,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años)	2,0	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	11	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	3,0	IPCC, 2003
	Bosque seco subtropical	África (≤20 años)	2,4 (2,3-2,5)	IPCC, 2003
		África (>20 años)	1,8 (0,6-3,0)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	4,0	IPCC, 2003

**CUADRO 4.9 (CONTINUACIÓN)**  
**CRECIMIENTO NETO DE LA BIOMASA AÉREA EN BOSQUES NATURALES**

<b>Dominio</b>	<b>Zona ecológica</b>	<b>Continente</b>	<b>Crecimiento de la biomasa aérea (ton d.m. há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)</b>	<b>Referencia</b>
		América del Norte y del Sur (>20 años)	1,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años)	6,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años)	1,5	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	7,0	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	2,0	IPCC, 2003
	Estepa subtropical	Africa (≤20 años)	1,2 (0,8-1,5)	IPCC, 2003
		Africa (>20 años)	0,9 (0,2-1,6)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	4,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	1,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años)	5,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años)	1,3 (1,0-2,2)	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	2,0	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	1,0	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos subtropicales	Africa (≤20 años)	2,0-5,0	IPCC, 2003
		Africa (>20 años)	1,0-1,5	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	1,8-5,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	0,4-1,4	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años)	1,0-5,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años)	0,5-1,0	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	3,0-12	IPCC, 2003
Asia (insular >20 años)		1,0-3,0	IPCC, 2003	
<b>Templado</b>	Bosque oceánico templado	Europa	2,3	
		América del Norte	15 (1,2-105)	Hessl <i>et al.</i> , 2004
		Nueva Zelanda	3,5 (3,2-3,8)	Coomes <i>et al.</i> , 2002
		América del Sur	2,4-8,9	Echevarria y Lara, 2004
	Bosque continental templado	Asia, Europa, América del Norte (≤20 años)	4,0 (0,5-8,0)	IPCC, 2003
		Asia, Europa, América del Norte (>20 años)	4,0 (0,5-7,5)	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos templados	Asia, Europa, América del Norte	3,0 (0,5-6,0)	IPCC, 2003
<b>Boreal</b>	Bosque de coníferas boreal	Asia, Europa, América del Norte	0,1-2,1	Gower <i>et al.</i> , 2001
	Bosques de tundra boreal	Asia, Europa, América del Norte	0,4 (0,2-0,5)	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos boreales	Asia, Europa, América del Norte (≤20 años)	1,0-1,1	IPCC, 2003
		Asia, Europa, América del Norte (>20 años)	1,1-1,5	IPCC, 2003

**CUADRO 4.10**  
**CRECIMIENTO NETO DE LA BIOMASA AÉREA EN PLANTACIONES FORESTALES TROPICALES Y SUBTROPICALES**

<b>Dominio</b>	<b>Zona ecológica</b>	<b>Continente</b>	<b>Crecimiento de la biomasa aérea (ton d.m. há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)</b>	<b>Referencias</b>
<b>Tropical</b>	Bosque tropical lluvioso	África Pinus sp. ≤20 años	20	IPCC, 2003
		África otros ≤20 años	6 (5-8)	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	20 (6-40)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	20	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	15	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	20 (5-35)	IPCC, 2003
		Asia Eucalyptus sp.	5 (4-8)	IPCC, 2003
	Asia otras	5 (2-8)	IPCC, 2003	
	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	África Eucalyptus sp. >20 años	25	IPCC, 2003
		África Eucalyptus sp. ≤20 años	20	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	15	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	10	IPCC, 2003
		África otros ≤20 años	9 (3-15)	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	16	Stape <i>et al.</i> , 2004
		América Pinus sp.	7 (4-10)	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	8 (4-12)	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	6-20	Lugo <i>et al.</i> , 1990
	Asia	8	IPCC, 2003	
	Bosque tropical seco	África Eucalyptus sp. ≤20 años	13	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	10	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	8	IPCC, 2003
		África otros ≤20 años	10 (4-20)	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	20 (6-30)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	7 (4-10)	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	8 (4-12)	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	10 (3-12)	IPCC, 2003
		Asia Eucalyptus sp.	15 (5-25)	IPCC, 2003
	Asia otras	7 (2-13)	IPCC, 2003	
	Arbustos tropicales	África Eucalyptus sp. >20 años	8 (5-14)	IPCC, 2003
		África Eucalyptus sp. ≤20 años	5 (3-7)	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	2.5	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	3 (0.5-6)	IPCC, 2003
		África otros >20 años	10	IPCC, 2003
		África otros ≤20 años	15	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	20	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	5	IPCC, 2003
	Asia	6 (1-12)	IPCC, 2003	
	Sistemas montañosos tropicales	África	10	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	10 (8-18)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	10	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	2	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	4	IPCC, 2003
Asia Eucalyptus sp.		3	IPCC, 2003	
Subtropical	Bosque húmedo subtropical	América Eucalyptus sp.	20 (6-32)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	7 (4-10)	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	8 (4-12)	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	10 (3-12)	IPCC, 2003
	Asia	8	IPCC, 2003	
	Bosque seco subtropical	África Eucalyptus sp. ≤20 años	13	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	10	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	8	IPCC, 2003
		África otros ≤20 años	10 (4-20)	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	20 (6-30)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	7 (4-10)	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	8 (4-12)	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	10 (3-12)	IPCC, 2003
		Asia Eucalyptus sp.	15 (5-25)	IPCC, 2003
		Asia otras	7 (2-13)	IPCC, 2003

CUADRO 4.10 (CONTINUACIÓN)				
CRECIMIENTO NETO DE LA BIOMASA AÉREA EN PLANTACIONES FORESTALES TROPICALES Y SUBTROPICALES				
Dominio	Zona ecológica	Continente	Crecimiento de la biomasa aérea (ton d.m. há <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Referencias
	Estepa subtropical	África Eucalyptus sp. >20 años	8 (5-14)	IPCC, 2003
		África Eucalyptus sp. ≤20 años	5 (3-7)	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	2.5	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	3 (0.5-6)	IPCC, 2003
		África otros >20 años	10	IPCC, 2003
		África otros ≤20 años	15	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	20	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	5	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos subtropicales	Asia	6 (1-12)	IPCC, 2003
		África	10	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	10 (8-18)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	10	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	2	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	4	IPCC, 2003
		Asia Eucalyptus sp.	3	IPCC, 2003
		Asia otras	5 (1-10)	IPCC, 2003
Templado	Bosque oceánico templado	Asia, Europa hoja ancha >20 años	-	-
		Asia, Europa, hoja ancha ≤20 años	-	-
		Asia, Europa, coníferas >20 años	-	-
		Asia, Europa, coníferas ≤20 años	-	-
		América del Norte	-	-
		Nueva Zelanda	-	-
	Bosque continental	América del Sur	-	-
		Asia, Europa hoja ancha >20 años	-	-
		Asia, Europa, hoja ancha ≤20 años	-	-
		Asia, Europa, coníferas >20 años	-	-
		Asia, Europa, coníferas ≤20 años	-	-
		América del Norte	-	-
Boreal	Bosque coníferas y	América del Sur	-	-
		Asia, Europa >20 años	-	-
		Asia, Europa ≤20 años	-	-
	Bosques de tundra boreal	América del Norte	-	-
		Asia, Europa >20 años	-	-
		Asia, Europa ≤20 años	-	-

<b>CUADRO 4.11A</b>	
<b>CRECIMIENTO NETO DEL VOLUMEN AÉREO DE CIERTAS ESPECIES DE PLANTACIONES FORESTALES</b>	
<b>Especies arbóreas</b>	<b>Crecimiento neto del volumen aéreo (m<sup>3</sup> há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)</b>
Acacia auriculiformis	6 - 20
Acacia mearnsii	14 - 25
Araucaria angustifolia	8 - 24
Araucaria cunninghamii	10 - 18
Casuarina equisetifolia	6 - 20
Casuarina junghuhniana	7 - 11
Cordia alliodora	10 - 20
Cupressus lusitanica	8 - 40
Dalbergia sissoo	5 - 8
Eucalyptus camaldulensis	15 - 30
Eucalyptus deglupta	14 - 50
Eucalyptus globulus	10 - 40
Eucalyptus grandis	15 - 50
Eucalyptus robusta	10 - 40
Eucalyptus saligna	10 - 55
Eucalyptus urophylla	20 - 60
Gmelina arborea	12 - 50
Leucaena leucocephala	30 - 55
Pinus caribaea v. caribaea	10 - 28
Pinus caribaea v. hondurensis	20 - 50
Pinus oocarpa	10 - 40
Pinus patula	8 - 40
Pinus radiata	10 - 50
Swietenia macrophylla	7 - 30
Tectona grandis	6 - 18
Terminalia ivorensis	8 - 17
Terminalia superba	10 - 14
Fuente: Ugalde y Pérez, 2001	

<b>CUADRO 4.11B</b>			
<b>INCREMENTO ANUAL MEDIO (CRECIMIENTO DEL VOLUMEN VENABLE) DE ALGUNAS ESPECIES DE PLANTACIONES FORESALES</b>			
Tipo/región de bosque plantado	Especies arbóreas	Incremento anual medio (MAI) por la rotación (ton d.m. há <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	
		MAI mín.	MAI máx.
<b>Plantaciones productivas</b>			
<i>África</i>	Acacia mellifera	2,2	4,0
	Acacia nilotica	15,0	20,0
	Acacia senegal	1,4	2,6
	Acacia seyal	2,0	6,0
	Ailanthus excelsa	6,6	9,4
	Bamboo bamboo	5,0	7,5
	Cupressus spp.	15,0	24,0
	Eucalyptus spp.	12,0	14,0
	Khaya spp.	8,5	12,0
	Tectona grandis	2,5	3,5
<i>Asia</i>	Eucalyptus camaldulensis	21,0	43,0
	Pinus spp.	4,0	15,0
<i>América del Sur</i>	Tectona grandis	7,3	17,3
	Xylia xylocapa	3,0	8,8
	Acacia spp.	15,0	30,0
	Araucaria angustifolia	15,0	30,0
	Eucalyptus spp.	20,0	70,0
	Hevea brasiliensis	10,0	20,0
	Mimosa scabrella	10,0	25,0
	Pinus spp.	25,0	40,0
	Populus spp.	10,0	30,0
	Tectona grandis	15,0	35,0
<b>Bosques productivos seminaturales</b>			
<i>África</i>	Acacia albida	4,0	6,1
	Acacia mellifera	1,9	3,5
	Acacia nilotica	12,5	20,0
	Acacia senegal	1,1	2,4
	Acacia seyal	1,8	3,2
	Acacia tortilis	1,2	3,7
	Acacia tortilis var siprocarpa	1,5	2,4
	Balanites aegyptiaca	1,2	1,5
	Sclerocarya birrea	1,5	1,7
	Ziziphus mauritiana	0,9	1,0
<b>Plantaciones protectoras</b>			
<i>África</i>	Acacia mellifera	2,0	6,0
	Acacia nilotica	13,0	21,0
	Acacia senegal	1,4	2,8
	Acacia seyal	1,9	4,3
	Ailanthus spp.	6,0	12,0
	Bamboo bamboo	4,0	8,0
	Cupressus spp.	14,0	20,0
	Eucalyptus spp.	10,0	14,0
	Khaya spp.	7,0	16,0
	Tectona grandis	5,0	8,0

CUADRO 4.11B (CONTINUACIÓN)			
INCREMENTO ANUAL MEDIO (CRECIMIENTO DEL VOLUMEN VENABLE) DE CIERTAS ESPECIES DE PLANTACIONES FORESTALES			
Tipo/región de bosque plantado	Especies arbóreas	Incremento anual medio (MAI) por la rotación (ton d.m. há <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	
		MAI mín.	MAI máx.
<b>Plantaciones protectoras seminaturales</b>			
<i>África</i>	Acacia albida	4,0	6,2
	Acacia mellifera	1,7	3,2
	Acacia nilotica	12,0	15,0
	Acacia senegal	1,1	2,4
	Acacia seyal	1,8	3,3
	Acacia tortilis	1,3	3,5
	Acacia tortilis var siprocarpa	1,6	2,4
	Balanites aegyptiaca	1,2	1,5
	Sclerocarya birrea	1,5	1,7
	Ziziphus mauritiana	0,9	1,0

Fuente: FAO en <http://www.fao.org/forestry/>

CUADRO 4.12					
VALORES ESTIMADOS DE BIOMASA EN EL NIVEL 1 A PARTIR DE LOS CUADROS 4.7 A 4.11 (A EXCEPCIÓN DEL CUADRO 4.11B) (LOS VALORES SON APROXIMADOS; ÚSENSE SOLAMENTE PARA EL NIVEL 1)					
Dominio climático	Zona ecológica	Biomasa aérea en bosques naturales (ton d.m. há <sup>-1</sup> )	Biomasa aérea de las plantaciones forestales (ton d.m. há <sup>-1</sup> )	Crecimiento neto de la biomasa aérea en bosques naturales (ton d.m. há <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Crecimiento neto de la biomasa aérea en plantaciones naturales (ton d.m. há <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
<b>Tropical</b>	Bosque tropical lluvioso	300	150	7,0	15,0
	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	180	120	5,0	10,0
	Bosque tropical seco	130	60	2,4	8,0
	Arbustos tropicales	70	30	1,0	5,0
	Sistemas montañosos tropicales	140	90	1,0	5,0
<b>Subtropical</b>	Bosque húmedo subtropical	220	140	5,0	10,0
	Bosque seco subtropical	130	60	2,4	8,0
	Estepa subtropical	70	30	1,0	5,0
	Sistemas montañosos subtropicales	140	90	1,0	5,0
<b>Templado</b>	Bosque oceánico templado	180	160	4,4	4,4
	Bosque continental templado	120	100	4,0	4,0
	Sistemas montañosos templados	100	100	3,0	3,0
<b>Boreal</b>	Bosque de coníferas boreal	50	40	1,0	1,0
	Bosques de tundra boreal	15	15	0,4	0,4
	Sistemas montañosos boreales	30	30	1,0	1,0

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**  
 1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Adina cordifolia	0,58-0,59	Asia	5
Aegle marmelo	0,75	Asia	5
Afzelia bipidensis	0,67-0,79	África	3
Agathis sp.	0,44	Asia	5
Aglaiá llanosiana	0,89	Asia	5
Agonandra brasiliensis	0,74	América	4
Aidia ochroleuca	0,78	África	5
Alangium longiflorum	0,65	Asia	5
Albizia sp.	0,52	América	5
Albizzia amara	0,70	Asia	5
Albizzia falcata	0,25	Asia	5
Alcornea sp.	0,34	América	5
Aldina heterophylla	0,73	América	4
Aleurites trisperma	0,43	Asia	5
Alexa grandiflora	0,59	América	4
Alexa imperatricis	0,52	América	4
Allophylus Africanus	0,45	África	5
Alnus ferruginea	0,38	América	5
Alnus japonica	0,43	Asia	5
Alphitonia zizyphoides	0,50	Asia	5
Alphonsea arborea	0,69	Asia	5
Alseodaphne longipes	0,49	Asia	5
Alstonia congensis	0,33	África	5
Amburana cearensis	0,43	América	1
Amoora sp.	0,60	Asia	5
Amphimas pterocarpoides	0,63	África	5
Anacardium excelsum	0,41	América	4
Anacardium giganteum	0,44	América	4
Anadenanthera macrocarpa	0,86	América	4
Andira inermis	0,64	América	4
Andira parviflora	0,69	América	4
Andira retusa	0,67	América	5
Aniba amazonica	0,52-0,56	América	1
Aniba canelilla	0,92	América	4
Aningeria robusta	0,44-0,53	África	3
Anisophyllea obtusifolia	0,63	África	5
Anisophyllea zeylanica	0,46	Asia	5
Anisoptera sp.	0,54	Asia	5
Annonidium manni	0,29	África	5
Anogeissus latifolia	0,78-0,79	Asia	5
Anopyxis klaineana	0,74	África	5
Anthocephalus chinensis	0,33-0,36	Asia	5
Anthocleista keniensis	0,50	África	5
Anthothona macrophylla	0,78	África	5
Anthostemma aubryanum	0,32	África	5
Antiaris africana	0,38	América	5
Antiaris sp.	0,38	África	5
Antidesma pleuricum	0,59	Asia	5
Antrocaryon klaineianum	0,50	África	5
Apeiba aspera	0,28	América	1
Apeiba echinata	0,36	América	5
Apeiba peiouma	0,20	América	4
Aphanamiris perrottetiana	0,52	Asia	5
Apuleia leiocarpa	0,70	América	1
Apuleia molaris	0,76	América	4
Araucaria bidwillii	0,43	Asia	5
Ardisia cubana	0,62	América	1
Artocarpus comunis	0,70	América	5

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**  
 1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Artocarpus sp.	0,58	Asia	5
Aspidosperma album	0,76	América	4
Aspidosperma macrocarpon	0,67	América	1
Aspidosperma obscurinervium	0,86	América	4
Astronium gracile	0,73	América	4
Astronium graveolens	0,75	América	4
Astronium lecointei	0,73	América	5
Astronium ulei	0,71	América	4
Astronium urundeuva	1,21	América	4
Aucoumea klaineana	0,31-0,48	África	3
Autranella congolensis	0,78	África	5
Azadirachta sp.	0,52	Asia	5
Bagassa guianensis	0,69	América	4
Baillonella toxisperma	0,70	África	3
Balanites aegyptiaca	0,63	África	5
Balanocarpus sp.	0,76	Asia	5
Banara guianensis	0,61	América	5
Baphia kirkii	0,93	África	5
Barringtonia edulis	0,48	Asia	5
Basiloxylon excelsum	0,58	América	5
Bauhinia sp.	0,67	Asia	5
Beilschmiedia louisii	0,70	África	5
Beilschmiedia nitida	0,50	África	5
Beilschmiedia sp.	0,61	América	5
Beilschmiedia tawa	0,58	Asia	5
Berlinia sp.	0,58	África	5
Berrya cordifolia	0,78	Asia	5
Bertholletia excelsa	0,62	América	4
Bischofia javanica	0,54-0,62	Asia	5
Bixa arborea	0,32	América	4
Bleasdalea vitiensis	0,43	Asia	5
Blighia welwitschii	0,74	África	5
Bocoa sp.	0,42	América	1
Bombacopsis quinata	0,39	América	1
Bombacopsis sepium	0,39	América	5
Bombax costatum	0,35	África	3
Bombax paraense	0,39	América	1
Borojoa patinoi	0,52	América	5
Boswellia serrata	0,50	Asia	5
Bowdichia coccolobifolia	0,39	América	2
Bowdichia crassifolia	0,39	América	2
Bowdichia nitida	0,79	América	4
Bowdichia virgilioides	0,52	América	2
Brachystegia sp.	0,52	África	5
Bridelia micrantha	0,47	África	5
Bridelia squamosa	0,50	Asia	5
Brosimum acutifolium	0,55	América	4
Brosimum alicastrum	0,69	América	4
Brosimum guianense	0,96	América	4
Brosimum lactescens	0,70	América	1
Brosimum parinarioides	0,58	América	4
Brosimum potabile	0,53	América	4
Brosimum rubescens	0,87	América	4
Brosimum utile	0,40-0,49	América	1
Brysenia adenophylla	0,54	América	5
Buchenavia capitata	0,63	América	4
Buchenavia huberi	0,79	América	4
Buchenavia latifolia	0,45	Asia	5
Buchenavia oxycarpa	0,72	América	4
Buchenavia viridiflora	0,88	América	1
Bucida buceras	0,93	América	5
Bursera serrata	0,59	Asia	5
Bursera simaruba	0,29-0,34	América	5

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**

1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Butea monosperma	0,48	Asia	5
Byrsonima coriacea	0,64	América	5
Byrsonima spicata	0,61	América	4
Byrsonima verbascifolia	0,33	América	2
Cabralea canjerana	0,55	América	4
Caesalpinia sp.	1,05	América	5
Calophyllum brasiliense	0,53	América	4
Calophyllum sp.	0,46	América	1
Calophyllum sp.	0,53	Asia	5
Calpocalyx klainei	0,63	África	5
Calycarpa arborea	0,53	Asia	5
Calycophyllum spruceanum	0,74	América	1
Camposperma panamensis	0,37	América	1
Cananga odorata	0,29	Asia	5
Canarium sp.	0,44	Asia	5
Canthium monstrosum	0,42	Asia	5
Canthium rubrocostratum	0,63	África	5
Carallia calycina	0,66	Asia	5
Carapa guianensis	0,55	América	4
Carapa procera	0,59	África	5
Cariniana integrifolia	0,49	América	4
Cariniana micrantha	0,64	América	4
Caryocar glabrum	0,65	América	1
Caryocar villosum	0,72	América	4
Casearia battiscombei	0,50	África	5
Casearia sp.	0,62	América	5
Cassia javanica	0,69	Asia	5
Cassia moschata	0,71	América	5
Cassia scleroxylon	1,01	América	4
Cassipourea euryoides	0,70	África	5
Cassipourea malosana	0,59	África	5
Castanopsis philippensis	0,51	Asia	5
Casuarina equisetifolia	0,81	América	5
Casuarina equisetifolia	0,83	Asia	5
Casuarina nodiflora	0,85	Asia	5
Catostemma commune	0,50	América	1
Cecropia sp.	0,36	América	5
Cedrela odorata	0,42	América	1
Cedrela odorata	0,38	Asia	5
Cedrela sp.	0,40-0,46	América	5
Cedrela toona	0,43	Asia	5
Cedrelinga catenaeformis	0,45	América	1
Ceiba pentandra	0,18-0,39	África	3
Ceiba pentandra	0,28	América	4
Ceiba pentandra	0,23	Asia	5
Ceiba samauma	0,57	América	1
Celtis luzonica	0,49	Asia	5
Celtis schippii	0,59	América	1
Celtis sp.	0,59	África	5
Centrolobium sp.	0,65	América	5
Cespedesia macrophylla	0,63	América	5
Cespedesia spathulata	0,54	América	1
Chaetocarpus schomburgkianus	0,80	América	5
Chisocheton pentandrus	0,52	Asia	5
Chlorophora excelsa	0,48-0,66	África	3
Chlorophora tinctoria	0,73	América	4
Chloroxylon swietenia	0,76-0,80	Asia	5
Chorisia integrifolia	0,28	América	1

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**

1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Chrysophyllum albidum	0,56	África	5
Chukrassia tabularis	0,57	Asia	5
Citrus grandis	0,59	Asia	5
Clarisia racemosa	0,59	América	4
Cleidion speciflorum	0,50	Asia	5
Cleistanthus eollinus	0,88	Asia	5
Cleistanthus mildbraedii	0,87	África	5
Cleistocalyx sp.	0,76	Asia	5
Cleistopholis patens	0,36	África	5
Chusia rosea	0,67	América	5
Cochlospermum gossypium	0,27	Asia	5
Cochlospermum orinocensis	0,26	América	5
Cocos nucifera	0,50	Asia	5
Coda edulis	0,78	África	5
Coelocaryon preussii	0,56	África	5
Cola sp.	0,70	África	5
Colona serratifolia	0,33	Asia	5
Combretodendron quadrialatum	0,57	Asia	5
Conopharyngia holstii	0,50	África	5
Copaifera officinalis	0,61	América	1
Copaifera pubiflora	0,56	América	1
Copaifera religiosa	0,50	África	5
Copaifera reticulata	0,63	América	4
Cordia alliodora	0,48	América	5
Cordia bicolor	0,49	América	4
Cordia gerascanthus	0,74	América	5
Cordia goeldiana	0,48	América	4
Cordia millenii	0,34	África	5
Cordia platythyrsa	0,36	África	5
Cordia sagotii	0,50	América	4
Cordia sp.	0,53	Asia	5
Corynanthe pachyceras	0,63	África	5
Corythophora rimosa	0,84	América	4
Cotylelobium sp.	0,69	Asia	5
Couepia sp.	0,70	América	5
Couma macrocarpa	0,50	América	4
Couratari guianensis	0,54	América	4
Couratari multiflora	0,47	América	4
Couratari oblongifolia	0,49	América	4
Couratari stellata	0,63	América	4
Crataeva religiosa	0,53	Asia	5
Cratoxylon arborescens	0,40	Asia	5
Croton megalocarpus	0,57	África	5
Croton xanthochloros	0,48	América	5
Cryptocarya sp.	0,59	Asia	5
Cryptosepalum staudtii	0,70	África	5
Ctenolophon englerianus	0,78	África	5
Cubilia cubili	0,49	Asia	5
Cullenia excelsa	0,53	Asia	5
Cupressus lusitanica	0,43-0,44	América	5
Curatella americana	0,41	América	2
Cylicodiscus gabonensis	0,80	África	5
Cynometra alexandri	0,74	África	5
Cynometra sp.	0,80	Asia	5
Cyrilla racemiflora	0,53	América	5
Dacrycarpus imbricatus	0,45-0,47	Asia	5
Dacrydium sp.	0,46	Asia	5
Dacryodes buttneri	0,44-0,57	África	3
Dacryodes excelsa	0,52-0,53	América	5
Dacryodes sp.	0,61	Asia	5
Dactyodes colombiana	0,51	América	5

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**  
 1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Dalbergia paniculata	0,64	Asia	5
Dalbergia retusa.	0,89	América	5
Dalbergia stevensonii	0,82	América	5
Daniellia oliveri	0,53	África	3
Declinanona calycina	0,47	América	5
Decussocarpus vitiensis	0,37	Asia	5
Degeneria vitiensis	0,35	Asia	5
Dehaasia triandra	0,64	Asia	5
Dendropanax arboreum	0,40	América	4
Desbordesia pierreana	0,87	África	5
Detarium senegalensis	0,63	África	5
Dialium excelsum	0,78	África	5
Dialium guianense	0,88	América	4
Dialium sp.	0,80	Asia	5
Dialyanthera sp.	0,36-0,48	América	5
Diclinanona calycina	0,47	América	4
Dicorynia ghuianensis	0,65	América	4
Dicorynia paraensis	0,60	América	5
Didelotia africana	0,78	África	5
Didelotia letouzeyi	0,50	África	5
Didymopanax sp.	0,74	América	5
Dillenia sp.	0,59	Asia	5
Dimorphandra mora	0,99	América	5
Dinizia excelsa	0,86	América	4
Diospyros sp.	0,82	África	5
Diospyros sp.	0,47	América	1
Diospyros sp.	0,70	Asia	5
Diplodiscus paniculatus	0,63	Asia	5
Diploon cuspidatum	0,85	América	4
Diplostropis martiusii	0,74	América	1
Diplostropis purpurea	0,78	América	4
Dipterocarpus caudatus	0,61	Asia	5
Dipterocarpus eurynchus	0,56	Asia	5
Dipterocarpus gracilis	0,61	Asia	5
Dipterocarpus grandiflorus	0,62	Asia	5
Dipterocarpus kerrii	0,56	Asia	5
Dipterocarpus kunstlerii	0,57	Asia	5
Dipterocarpus sp.	0,61	Asia	5
Dipterocarpus warburgii	0,52	Asia	5
Dipteryx odorata	0,93	América	4
Dipteryx polyphylla	0,87	América	4
Discoglyprena caloneura	0,32	África	5
Distemonanthus benthamianus	0,58	África	5
Dracontomelon sp.	0,50	Asia	5
Dryobalanops sp.	0,61	Asia	5
Drypetes sp.	0,63	África	5
Drypetes variabilis	0,71	América	4
Dtypetes bordenii	0,75	Asia	5
Durio sp.	0,53	Asia	5
Dussia lehmannii	0,59	América	5
Dyera costulata	0,36	Asia	5
Dysoxylum quercifolium	0,49	Asia	5
Ecclinusa bacuri	0,59	América	4
Ecclinusa guianensis	0,63	América	5
Ehretia acuminata	0,51	África	5
Elaeocarpus serratus	0,40	Asia	5
Embllica officinalis	0,80	Asia	5
Enantia chlorantha	0,42	África	5
Endiandra laxiflora	0,54	Asia	5
Endlicheria sp.	0,50	América	1

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**  
 1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Endodesmia calophylloides	0,66	África	5
Endopleura uchi	0,78	América	4
Entospermum sp.	0,38	Asia	5
Entandrophragma utile	0,53-0,62	África	3
Enterolobium cyclocarpum	0,34	América	4
Enterolobium cyclocarpum	0,35	Asia	5
Enterolobium maximum	0,40	América	4
Enterolobium schomburgkii	0,78	América	4
Eperua falcata	0,78	América	4
Epicharis cumingiana	0,73	Asia	5
Eribroma oblongum	0,60	África	5
Eriocoelum microspermum	0,50	África	5
Eriotheca longipedicellata	0,45	América	4
Erisma uncinatum	0,47	América	1
Erismadelphus ensul	0,56	África	5
Erythrina sp.	0,23	América	5
Erythrina subumbrans	0,24	Asia	5
Erythrina vogelii	0,25	África	5
Erythrophleum ivorense	0,70-0,88	África	3
Erythrophloeum densiflorum	0,65	Asia	5
Eschweilera amazonica	0,90	América	4
Eschweilera coriacea	0,78	América	4
Eschweilera ovata	0,81	América	4
Eschweilera sagotiana	0,79	América	4
Eucalyptus citriodora	0,64	Asia	5
Eucalyptus deglupta	0,34	Asia	5
Eucalyptus robusta	0,51	América	5
Eugenia sp.	0,65	Asia	5
Eugenia stahlil	0,73	América	5
Euxylophora paraensis	0,70	América	4
Fagara macrophylla	0,69	África	5
Fagara sp.	0,69	América	5
Fagraea sp.	0,73	Asia	5
Ficus benjamina	0,65	Asia	5
Ficus insipida	0,50	América	1
Ficus iteophylla	0,40	África	5
Fumtunia latifolia	0,45	África	5
Gallesia integrifolia	0,51	América	1
Gambeya sp.	0,56	África	5
Ganua obovatifolia	0,59	Asia	5
Garcinia myrtifolia	0,65	Asia	5
Garcinia punctata	0,78	África	5
Garcinia sp.	0,75	Asia	5
Gardenia turgida	0,64	Asia	5
Garuga pinnata	0,51	Asia	5
Genipa americana	0,51	América	4
Gilletiodendron mildbraedii	0,87	África	5
Gluta sp.	0,63	Asia	5
Glycydendron amazonicum	0,66	América	4
Gmelina arborea	0,41-0,45	Asia	5
Gmelina vitiensis	0,54	Asia	5
Gonocaryum calleryanum	0,64	Asia	5
Gonystylus punctatus	0,57	Asia	5
Gossweilerodendron balsamiferum	0,40	África	5
Goupia glabra	0,68	América	1

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**

1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
<i>Grewia tiliatifolia</i>	0,68	Asia	5
<i>Guarea cedrata</i>	0,48-0,57	África	3
<i>Guarea chalde</i>	0,52	América	5
<i>Guarea guidonia</i>	0,68	América	4
<i>Guarea kunthiana</i>	0,60	América	1
<i>Guatteria decurrens</i>	0,52	América	1
<i>Guatteria olivacea</i>	0,51	América	4
<i>Guatteria procera</i>	0,65	América	4
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,50-0,52	América	5
<i>Guibourtia demeusii</i>	0,70-0,84	África	3
<i>Guillielma gasipae</i>	0,95-1,25	América	5
<i>Gustavia speciosa</i>	0,34	América	1
<i>Hannoa klaineana</i>	0,28	África	5
<i>Hardwickia binata</i>	0,73	Asia	5
<i>Harpullia arborea</i>	0,62	Asia	5
<i>Harungana madagascariensis</i>	0,45	África	5
<i>Helicostylis tomentosa</i>	0,72	América	4
<i>Heritiera sp.</i>	0,56	Asia	5
<i>Hernandia Sonora</i>	0,29	América	5
<i>Hevea brasiliensis</i>	0,49	América	4
<i>Hevea brasiliensis</i>	0,53	Asia	5
<i>Hexalobus crispiflorus</i>	0,48	África	5
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	0,57	Asia	5
<i>Hieronyma chocoensis</i>	0,59-0,62	América	1
<i>Hieronyma laxiflora</i>	0,55	América	1
<i>Himatanthus articulatus</i>	0,38	América	2
<i>Hirtella davisii</i>	0,74	América	5
<i>Holoptelea grandis</i>	0,59	África	5
<i>Homalanthus populneus</i>	0,38	Asia	5
<i>Homalium sp.</i>	0,70	África	5
<i>Homalium sp.</i>	0,76	Asia	5
<i>Hopea acuminata</i>	0,62	Asia	5
<i>Hopea sp.</i>	0,64	Asia	5
<i>Huberodendron patinoi</i>	0,50	América	1
<i>Humiria balsamifera</i>	0,66	América	4
<i>Humiriastrum excelsum</i>	0,75	América	4
<i>Humiriastrum procera</i>	0,70	América	5
<i>Hura crepitans</i>	0,36	América	4
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	0,64	América	4
<i>Hyeronima laxiflora</i>	0,59	América	5
<i>Hylodendron gabonense</i>	0,78	África	5
<i>Hymenaea courbaril</i>	0,77	América	1
<i>Hymenaea davisii</i>	0,67	América	5
<i>Hymenaea oblongifolia</i>	0,62	América	1
<i>Hymenaea parvifolia</i>	0,95	América	4
<i>Hymenolobium excelsum</i>	0,64	América	4
<i>Hymenolobium modestum</i>	0,65	América	4
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	0,67	América	4
<i>Hymenostegia pellegrini</i>	0,78	África	5
<i>Inga alba</i>	0,62	América	4
<i>Inga edulis</i>	0,51	América	1
<i>Inga paraensis</i>	0,82	América	4
<i>Intsia palembanica</i>	0,68	Asia	5
<i>Irvingia grandifolia</i>	0,78	África	5
<i>Iryanthera grandis</i>	0,55	América	4
<i>Iryanthera sagotiana</i>	0,57	América	4
<i>Iryanthera trocornis</i>	0,72	América	4
<i>Jacaranda copaia</i>	0,33	América	4
<i>Joannesia heveoides</i>	0,39	América	4
<i>Julbernardia globiflora</i>	0,78	África	5

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**

1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
<i>Kayaea garciae</i>	0,53	Asia	5
<i>Khaya ivorensis</i>	0,40-0,48	África	3
<i>Kingiodendron alternifolium</i>	0,48	Asia	5
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	0,87	África	5
<i>Kleinhovia hospita</i>	0,36	Asia	5
<i>Knema sp.</i>	0,53	Asia	5
<i>Koompassia excelsa</i>	0,63	Asia	5
<i>Koordersiodendron pinnatum</i>	0,65-0,69	Asia	5
<i>Kydia calycina</i>	0,72	Asia	5
<i>Lachmellea speciosa</i>	0,73	América	5
<i>Laetia procera</i>	0,63	América	1
<i>Lagerstroemia sp.</i>	0,55	Asia	5
<i>Lannea grandis</i>	0,50	Asia	5
<i>Lecomtedoxa klainenna</i>	0,78	África	5
<i>Lecythis idatimon</i>	0,77	América	4
<i>Lecythis lurida</i>	0,83	América	4
<i>Lecythis pisonis</i>	0,84	América	4
<i>Lecythis poltequi</i>	0,81	América	4
<i>Lecythis zabucaja</i>	0,86	América	4
<i>Letestua durissima</i>	0,87	África	5
<i>Leucaena leucocephala</i>	0,64	Asia	5
<i>Licania macrophylla</i>	0,76	América	4
<i>Licania oblongifolia</i>	0,88	América	4
<i>Licania octandra</i>	0,77	América	4
<i>Licania unguiculata</i>	0,88	América	1
<i>Licaria aritu</i>	0,80	América	4
<i>Licaria cannella</i>	1,04	América	4
<i>Licaria rigida</i>	0,73	América	4
<i>Lindackeria sp.</i>	0,41	América	5
<i>Linociera domingensis</i>	0,81	América	5
<i>Lithocarpus soleriana</i>	0,63	Asia	5
<i>Litsea sp.</i>	0,40	Asia	5
<i>Lonchocarpus sp.</i>	0,69	América	5
<i>Lophira alata</i>	0,84-0,97	África	3
<i>Lophopetalum sp.</i>	0,46	Asia	5
<i>Lovoa trichilioides</i>	0,45	África	5
<i>Loxopterygium sagotii</i>	0,56	América	5
<i>Lucuma sp.</i>	0,79	América	5
<i>Luehea sp.</i>	0,50	América	5
<i>Lueheopsis duckeana</i>	0,62	América	4
<i>Mabea piriri</i>	0,59	América	5
<i>Macaranga denticulata</i>	0,53	Asia	5
<i>Machaerium sp.</i>	0,70	América	5
<i>Maclura tinctoria</i>	0,71	América	1
<i>Macoubea guianensis</i>	0,40	América	5
<i>Madhuca oblongifolia</i>	0,53	Asia	5
<i>Maesopsis eminii</i>	0,41	África	5
<i>Magnolia sp.</i>	0,52	América	5
<i>Maguirea sclerophylla</i>	0,57	América	5
<i>Malacantha sp.</i>	0,45	África	5
<i>Mallotus philippinensis</i>	0,64	Asia	5
<i>Malouetia duckei</i>	0,57	América	4
<i>Mammea africana</i>	0,62	África	5
<i>Mammea americana</i>	0,62	América	5
<i>Mangifera indica</i>	0,55	América	5
<i>Mangifera sp.</i>	0,52	Asia	5
<i>Manilkara amazonica</i>	0,85	América	4
<i>Manilkara bidentata</i>	0,87	América	1
<i>Manilkara huberi</i>	0,93	América	4
<i>Manilkara lacera</i>	0,78	África	5
<i>Maniltoa minor</i>	0,76	Asia	5
<i>Maquira sclerophylla</i>	0,57	América	4
<i>Marila sp.</i>	0,63	América	5
<i>Markhamia platycalyx</i>	0,45	África	5
<i>Marmaroxylon racemosum</i>	0,81	América	4

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**  
 1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Mastixia philippinensis	0,47	Asia	5
Matayba domingensis	0,70	América	5
Matisia hirta	0,61	América	5
Mauria sp.	0,31	América	1
Maytenus sp.	0,71	América	5
Melanorrhea sp.	0,63	Asia	5
Melia dubia	0,40	Asia	5
Melicope triphylla	0,37	Asia	5
Meliosma macrophylla	0,27	Asia	5
Melochia umbellata	0,25	Asia	5
Memecylon capitellatum	0,77	África	5
Metrosideros collina	0,70-0,76	Asia	5
Mezilaurus itauba	0,70	América	4
Mezilaurus lindaviana	0,68	América	4
Michelia sp.	0,43	Asia	5
Michropholis sp.	0,61	América	5
Microberlinia brazzavillensis	0,70	África	5
Microcos coriaceus	0,42	África	5
Microcos stylocarpa	0,40	Asia	5
Micromelum compressum	0,64	Asia	5
Micropholi guyanensis	0,65	América	4
Micropholi venulosa	0,67	América	4
Milletia sp.	0,72	África	5
Milliusa velutina	0,63	Asia	5
Mimusops elengi	0,72	Asia	5
Minuartia guianensis	0,76	América	1
Mitragyna parviflora	0,56	Asia	5
Mitragyna stipulosa	0,47	África	5
Monopetalanthus heitzii	0,44-0,53	África	3
Mora excelsa	0,80	América	4
Mora gonggrijpii	0,78	América	1
Mora megistosperma	0,63	América	1
Mouriri barinensis	0,78	América	1
Mouriria sideroxylon	0,88	América	5
Musanga cecropioides	0,23	África	5
Myrciaria floribunda	0,73	América	5
Myristica platysperma	0,55	América	4
Myristica sp.	0,53	Asia	5
Myroxylon balsamum	0,78	América	1
Myroxylon peruiferum	0,78	América	1
Nauclera diderichii	0,63	África	5
Nealchornea yapurensis	0,61	América	1
Nectandra rubra	0,57	América	5
Neesia sp.	0,53	Asia	5
Neonauclera bernardoi	0,62	Asia	5
Neopoutonia macrocalyx	0,32	África	5
Neotrewia cumingii	0,55	Asia	5
Nesogordonia papaverifera	0,65	África	5
Ochna foxworthyi	0,86	Asia	5
Ochroma pyramidale	0,30	Asia	5
Ochtocosmus Africanus	0,78	África	5
Ocotea guianensis	0,63	América	4
Ocotea neesiana	0,63	América	4
Octomeles sumatrana	0,27-0,32	Asia	5
Odyndea sp.	0,32	África	5
Oldfieldia africana	0,78	África	5
Ongokea gore	0,72	África	5
Onychopetalum amazonicum	0,61	América	4
Ormosia coccinea	0,61	América	1
Ormosia paraensis	0,67	América	4
Ormosia schunkei	0,57	América	1

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**  
 1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Oroxylon indicum	0,32	Asia	5
Otoba gracilipes	0,32	América	1
Ougenia dalbergioides	0,70	Asia	5
Ouratea sp.	0,66	América	5
Oxystigma oxyphyllum	0,53	África	5
Pachira acuatica	0,43	América	5
Pachyelasma tessmannii	0,70	África	5
Pachypodanthium staudtii	0,58	África	5
Palaquium sp.	0,55	Asia	5
Pangium edule	0,50	Asia	5
Paraberrinia bifoliolata	0,56	África	5
Parashorea stellata	0,59	Asia	5
Paratecoma peroba	0,60	América	5
Paratrophis glabra	0,77	Asia	5
Parinari excelsa	0,68	América	4
Parinari glabra	0,87	África	5
Parinari montana	0,71	América	4
Parinari rodolphii	0,71	América	4
Parinari sp.	0,68	Asia	5
Parkia multijuga	0,38	América	4
Parkia nitada	0,40	América	4
Parkia paraensis	0,44	América	4
Parkia pendula	0,55	América	4
Parkia roxburghii	0,34	Asia	5
Parkia ulei	0,40	América	4
Pausandra trianae	0,59	América	1
Pausinystalia brachythyrza	0,56	África	5
Pausinystalia sp.	0,56	África	5
Payena sp.	0,55	Asia	5
Peltogyne paniculata	0,89	América	4
Peltogyne paradoxa	0,91	América	4
Peltogyne porphyrocardia	0,89	América	1
Peltophorum pterocarpum	0,62	Asia	5
Pentace sp.	0,56	Asia	5
Pentaclethra macroloba	0,43	América	1
Pentaclethra macrophylla	0,78	África	5
Pentadesma butyracea	0,78	África	5
Persea sp.	0,40-0,52	América	5
Peru glabrata	0,65	América	5
Peru schomburgkiana	0,59	América	5
Petitia domingensis	0,66	América	5
Phaeanthus ebracteolatus	0,56	Asia	5
Phyllanthus discoideus	0,76	África	5
Phyllocladus hypophyllus	0,53	Asia	5
Phyllostylon brasiliensis	0,77	América	4
Pierreodendron Africanum	0,70	África	5
Pinus caribaea	0,51	América	5
Pinus caribaea	0,48	Asia	5
Pinus insularis	0,47-0,48	Asia	5
Pinus merkusii	0,54	Asia	5
Pinus oocarpa	0,55	América	5
Pinus patula	0,45	América	5
Piptadenia communis	0,68	América	4
Piptadenia grata	0,86	América	1
Piptadenia suaveolens	0,75	América	4
Piptadeniastrum Africanum	0,56	África	5
Piratineria guianensis	0,96	América	5

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**  
 1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Pisonia umbellifera	0,21	Asia	5
Pithecellobium guachapele	0,56	América	5
Pithecellobium latifolium	0,36	América	1
Pithecellobium saman	0,49	América	1
Pittosporum pentandrum	0,51	Asia	5
Plagiostyles africana	0,70	África	5
Planchonia sp.	0,59	Asia	5
Platonia insignis	0,70	América	5
Platymiscium sp.	0,71-0,84	América	5
Podocarpus oleifolius	0,44	América	1
Podocarpus rospigliosii	0,57	América	1
Podocarpus sp.	0,43	Asia	5
Poga oleosa	0,36	África	5
Polyalthia flava	0,51	Asia	5
Polyalthia suaveolens	0,66	África	5
Polyscias nodosa	0,38	Asia	5
Pometia sp.	0,54	Asia	5
Poulsenia armata	0,37-0,44	América	1
Pourouma sp.	0,32	América	5
Pouteria anibifolia	0,66	América	1
Pouteria anomala	0,81	América	4
Pouteria caimito	0,87	América	4
Pouteria guianensis	0,90	América	4
Pouteria manaosensis	0,64	América	4
Pouteria oppositifolia	0,65	América	4
Pouteria villamilii	0,47	Asia	5
Premna angolensis	0,63	África	5
Premna tomentosa	0,96	Asia	5
Prioria copaifera	0,40-0,41	América	5
Protium heptaphyllum	0,54	América	4
Protium tenuifolium	0,65	América	4
Pseudolmedia laevigata	0,62-0,63	América	1
Pseudolmedia laevis	0,71	América	1
Pteleopsis hylodendron	0,63	África	5
Pterocarpus marsupium	0,67	Asia	5
Pterocarpus soyauxii	0,62-0,79	África	3
Pterocarpus vernalis	0,57	América	1
Pterogyne nitens	0,66	América	4
Pterygota sp.	0,52	África	5
Pterygota sp.	0,62	América	1
Pycnanthus angolensis	0,40-0,53	África	3
Qualea albiflora	0,50	América	5
Qualea brevipedicellata	0,69	América	4
Qualea dinizii	0,58	América	5
Qualea lancifolia	0,58	América	4
Qualea paraensis	0,67	América	4
Quararibea asterolepis	0,45	América	1
Quararibea bicolor	0,52-0,53	América	1
Quararibea cordata	0,43	América	1
Quassia simarouba	0,37	América	4
Quercus alata	0,71	América	5
Quercus costaricensis	0,61	América	5
Quercus eugeniaefolia	0,67	América	5
Quercus sp.	0,70	Asia	5
Radermachera pinnata	0,51	Asia	5
Randia cladantha	0,78	África	5
Raputia sp.	0,55	América	5
Rauwolfia macrophylla	0,47	África	5
Rheedia sp.	0,60	América	1
Rhizophora mangle	0,89	América	4
Ricinodendron heudelotii	0,20	África	5
Rollinia exsucca	0,52	América	4
Roupala moniana	0,77	América	4
Ruizierania albiflora	0,57	América	4

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**  
 1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Saccoglottis gabonensis	0,74	África	5
Saccoglottis guianensis	0,77	América	4
Salmalia malabarica	0,32-0,33	Asia	5
Samanea saman	0,45-0,46	Asia	5
Sandoricum vidalii	0,43	Asia	5
Santiria trimera	0,53	África	5
Sapindus saponaria	0,58	Asia	5
Sapium ellipticum	0,50	África	5
Sapium luzontcum	0,40	Asia	5
Sapium marmieri	0,40	América	1
Schefflera morototoni	0,36	América	1
Schizolobium parahyba	0,40	América	1
Schleichera oleosa	0,96	Asia	5
Schrebera arborea	0,63	África	5
Schrebera swietenoides	0,82	Asia	5
Sclerolobium chrysopyllum	0,62	América	4
Sclerolobium paraense	0,64	América	4
Sclerolobium peoppigianum	0,65	América	4
Scleronema micranthum	0,61	América	4
Sclerodophloeus zenkeri	0,68	África	5
Scottellia coriacea	0,56	África	5
Scyphocephalum ochocoa	0,48	África	5
Scytopetalum tieghemii	0,56	África	5
Semicarpus anacardium	0,64	Asia	5
Serialbizia acle	0,57	Asia	5
Serianthes melanesica	0,48	Asia	5
Sesbania grandiflora	0,40	Asia	5
Shorea assamica forma philippinensis	0,41	Asia	5
Shorea astylosa	0,73	Asia	5
Shorea ciliata	0,75	Asia	5
Shorea contorta	0,44	Asia	5
Shorea palosapis	0,39	Asia	5
Shorea plagata	0,70	Asia	5
Shorea polita	0,47	Asia	5
Shorea robusta	0,72	Asia	5
Shorea sp. (balau)	0,70	Asia	5
Shorea sp. (dark red meranti)	0,55	Asia	5
Shorea sp. (light red meranti)	0,40	Asia	5
Sickingia sp.	0,52	América	5
Simaba multiflora	0,51	América	5
Simarouba amara	0,36	América	1
Simira sp.	0,65	América	1
Sindoropsis letestui	0,56	África	5
Sloanea guianensis	0,79	América	5
Sloanea javanica	0,53	Asia	5
Sloanea nitida	1,01	América	4
Soymida febrifuga	0,97	Asia	5
Spathodea campanulata	0,25	Asia	5
Spondias lutea	0,38	América	4
Spondias mombin	0,31-0,35	América	1
Spondias purpurea	0,40	América	4
Staudtia stipitata	0,75	África	5
Stemonurus luzoniensis	0,37	Asia	5
Sterculia apetala	0,33	América	4
Sterculia pruriens	0,46	América	4
Sterculia rhinopetala	0,64	África	5
Sterculia speciosa	0,51	América	4
Sterculia vitiensis	0,31	Asia	5
Stereospermum suaveolens	0,62	Asia	5

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Strephonema pseudocola	0,56	África	5
Strombosia philippinensis	0,71	Asia	5
Strombosiaopsis tetrandra	0,63	África	5
Strychnos potatorum	0,88	Asia	5
Stylogyne sp.	0,69	América	5
Swartzia fistuloides	0,82	África	5
Swartzia laevicarpa	0,61	América	1
Swartzia panacoco	0,97	América	4
Swietenia macrophylla	0,43	América	1
Swietenia macrophylla	0,49-0,53	Asia	5
Swintonia foxworthyi	0,62	Asia	5
Swintonia sp.	0,61	Asia	5
Sycopsis dunni	0,63	Asia	5
Symphonia globulifera	0,58	África	5
Symphonia globulifera	0,58	América	1
Syzygium cordatum	0,59	África	5
Syzygium sp.	0,69-0,76	Asia	5
Tabebuia rosea	0,54	América	1
Tabebuia serratifolia	0,92	América	1
Tabebuia stenocalyx	0,55-0,57	América	5
Tachigalia myrmecophylla	0,53	América	4
Talisia sp.	0,84	América	5
Tamarindus indica	0,75	Asia	5
Tapirira guianensis	0,50	América	4
Taralea oppositifolia	0,80	América	1
Tectona grandis	0,50-0,55	Asia	5
Terminalia amazonica	0,65	América	1
Terminalia citrina	0,71	Asia	5
Terminalia copelandii	0,46	Asia	5
Terminalia ivorensis	0,40-0,59	África	3
Terminalia microcarpa	0,53	Asia	5
Terminalia nitens	0,58	Asia	5
Terminalia oblonga	0,73	América	1
Terminalia pterocarpa	0,48	Asia	5
Terminalia superba	0,40-0,66	África	3
Terminalia tomentosa	0,73-0,77	Asia	5
Ternstroemia megacarpa	0,53	Asia	5
Tessmania africana	0,85	África	5
Testulea gabonensis	0,60	África	5
Tetragastris altissima	0,74	América	4
Tetragastris panamensis	0,76	América	4
Tetrameles nudiflora	0,30	Asia	5
Tetramerista glabra	0,61	Asia	5
Tetrapleura tetraptera	0,50	África	5
Thespesia populnea	0,52	Asia	5
Thyrsodium guianensis	0,63	América	4
Tieghemella africana	0,53-0,66	África	3
Toluidra balsamum	0,74	América	5
Torrubia sp.	0,52	América	5
Toulicia pulvinata	0,63	América	5
Tovomita guianensis	0,60	América	5
Trattinickia sp.	0,38	América	5
Trema orientalis	0,31	Asia	5
Trema sp.	0,40	África	5
Trichilia lecontei	0,90	América	4
Trichilia prieureana	0,63	África	5
Trichilia propingua	0,58	América	5
Trichoscypha arborea	0,59	África	5
Trichosperma mexicanum	0,41	América	5
Trichospermum richii	0,32	Asia	5
Triplaris cumingiana	0,53	América	5

**CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M<sup>-3</sup>))**1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Triplochiton scleroxylon.	0,28-0,44	África	3
Tristania sp.	0,80	Asia	5
Trophis sp.	0,44	América	1
Turpinia ovalifolia	0,36	Asia	5
Vantanea parviflora	0,86	América	4
Vatairea guianensis	0,70	América	4
Vatairea paraensis	0,78	América	4
Vatairea sericea	0,64	América	4
Vateria indica	0,47	Asia	5
Vatica sp.	0,69	Asia	5
Vepris undulata	0,70	África	5
Virola michelii	0,50	América	4
Virola reidii	0,35	América	1
Virola sebifera	0,37	América	1
Vismia sp.	0,41	América	5
Vitex doniana	0,40	África	5
Vitex sp.	0,52-0,57	América	5
Vitex sp.	0,65	Asia	5
Vitex stahelii	0,60	América	5
Vochysia densiflora	0,29	América	1
Vochysia ferruginea	0,37	América	1
Vochysia guianensis	0,53	América	4
Vochysia lanceolata	0,49	América	1
Vochysia macrophylla	0,36	América	1
Vochysia maxima	0,47	América	4
Vochysia melinonii	0,51	América	4
Vochysia obidensis	0,50	América	4
Vochysia surinamensis	0,66	América	4
Vouacapoua americana	0,79	América	4
Warszewiczia coccinea	0,56	América	5
Wrightia tinctoria	0,75	Asia	5
Xanthophyllum excelsum	0,63	Asia	5
Xanthoxylum martinicensis	0,46	América	5
Xanthoxylum sp.	0,44	América	5
Xylocarpus xylocarpa	0,73-0,81	Asia	5
Xylocarpus frutescens	0,64	América	5
Xylocarpus nitida	0,57	América	4
Xylocarpus staudtii	0,36	África	5
Xanthoxylum rhetsa	0,33	Asia	5
Zizyphus sp.	0,76	Asia	5

<b>CUADRO 4.14</b> <b>DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE CIERTOS TAXA DE ÁRBOLES DE ZONAS TEMPLADAS Y BOREALES</b>		
<b>Taxon</b>	<b>D</b> <b>[ton secado en horno</b> <b>(humedad m<sup>-3</sup>)]</b>	<b>Fuente</b>
Abies spp.	0,40	2
Acer spp.	0,52	2
Alnus spp.	0,45	2
Betula spp.	0,51	2
Fagus sylvatica	0,58	2
Fraxinus spp.	0,57	2
Larix decidua	0,46	2
Picea abies	0,40	2
Picea sitchensis	0,40	3
Pinus pinaster	0,44	4
Pinus radiata	0,38 (0,33 - 0,45)	1
Pinus strobus	0,32	2
Pinus sylvestris	0,42	2
Populus spp.	0,35	2
Prunus spp.	0,49	2
Pseudotsuga menziesii	0,45	2
Quercus spp.	0,58	2
Salix spp.	0,45	2
Tilia spp.	0,43	2
1 = Beets et al., 2001 2 = Dietz, 1975 3 = Knigge y Shulz, 1966 4 = Rijsdijk y Laming, 1994		

## Anexo 4A.1 Glosario de tierras forestales

Terminología sobre existencias y cambios en bosques, según lo definido en este volumen			
Componente	Estado	Aumento	Disminución por cosecha
Volumen venable	existencias en crecimiento	incremento anual neto	absorciones
Biomasa en el volumen venable	existencias en crecimiento en la biomasa	incremento en la biomasa	absorciones en la biomasa
Total biomasa aérea	biomasa aérea	crecimiento de la biomasa aérea	absorciones de la biomasa aérea
Total biomasa subterránea	biomasa subterránea	crecimiento de la biomasa subterránea	absorciones de la biomasa subterránea
Total biomasa aérea y subterránea	total de biomasa	total de crecimiento de biomasa	absorciones en la biomasa
Carbono	carbono en ... (en cualquiera de los casilleros precedentes, p. ej., carbono en existencias en crecimiento o absorciones de la biomasa), o en hojarasca, madera muerta y materia orgánica del suelo.		

### ABSORCIONES EN LA BIOMASA

Biomasa de recogida de madera y recogidas de madera combustible (véase a continuación) más peso secado en horno de ramas, brotes, follaje de los árboles o arboledas recogidos.

### AFORESTACIÓN<sup>4</sup>

La conversión directa inducida por el hombre de tierras que no se han forestado por un período mínimo de 50 años a tierras forestadas mediante plantación, sembrado y/o la promoción inducida por el hombre de fuentes naturales de semilla.

### AGROSILVICULTURA

Sistema de uso de la tierra que implica una deliberada retención, introducción o mezcla de árboles u otras plantas perennes madereras en sistemas de producción agrícola o pecuaria para sacar ventajas de las interacciones económicas y ecológicas de tales componentes (Diccionario de silvicultura, Helms, 1998, Asociación de Silvicultores de los Estados Unidos).

### ÁRBOL

Planta maderera perenne con un único tronco principal o, en el caso de rebrotes, con varios tallos, con una copa más o menos diferenciada. Incluye cañas, palmeras y otras plantas madereras que cumplan con los citados criterios.

### ARBUSTO

Planta maderera perenne, generalmente de más de 0,5 metros y menos de 5 metros de altura a su madurez y sin copa definida. Los límites de altura para árboles y arbustos deben interpretarse con flexibilidad, particularmente la altura mínima de los árboles y la máxima de los arbustos, las que pueden variar entre 5 y 7 metros.

<sup>4</sup> En el contexto del Protocolo de Kyoto, según lo estipulado por los Acuerdos de Marruecos, cf. párrafo 1 del Anexo a la decisión borrador –CMP.1 (Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura) contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, p. 58.

## **BIOMASA AÉREA**

Toda la biomasa de la vegetación viva, tanto maderera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluyendo tallos, cepas, corteza, semillas y follaje.

Nota: En los casos en los que el sotobosque sea un componente menor del depósito de carbono de la biomasa aérea, es aceptable que se lo excluya para las metodologías y los datos asociados que se utilizan en ciertos niveles, siempre que éstos se empleen de manera coherente a lo largo de toda la serie temporal del inventario.

## **BIOMASA DE EXISTENCIAS EN CRECIMIENTO**

Peso secado en horno de las existencias en crecimiento (véase abajo).

## **BIOMASA DE LA MADERA MUERTA**

Toda la biomasa maderera no viviente que no está contenida en la hojarasca, ya sea en pie, tendida en el suelo o enterrada en el suelo. La madera muerta incluye madera tendida en la superficie, raíces muertas enterradas con diámetro de 2 mm o más, y cepas de 10 cm de diámetro o más, o del diámetro utilizado por el país).

## **BIOMASA DE RECOGIDA**

Peso secado en horno de las recogidas de madera.

## **BIOMASA MADERERA**

Biomasa de árboles, arbustos y matas; no es estrictamente correcto, en el sentido botánico, para palmeras y bambúes.

## **BIOMASA SUBTERRÁNEA**

Toda la biomasa de las raíces vivas. A menudo, las raíces finas, de menos de 2 mm de diámetro (sugerido), se excluyen porque, empíricamente, no se las puede distinguir de la materia orgánica del suelo o de la hojarasca.

## **BOSQUE<sup>5</sup>**

Superficie de tierra que tiene como mínimo 0,05 a 1,0 hectáreas, con una cobertura de copas forestales (o un nivel equivalente de existencias) de más de 10-30 por ciento y con árboles con el potencial de alcanzar una altura mínima de 2-5 metros a su madurez *in situ*. Un bosque puede estar constituido por una formación cerrada, en la que los árboles de distintas alturas y con distinto sotobosque cubren una gran parte del terreno, o por una formación abierta. Las arboledas naturales jóvenes y todas las plantaciones que aún no han llegado a una densidad de copas del 10-30 por ciento o a alturas de árboles de 2-5 metros se incluyen como forestales, así como las áreas que normalmente forman parte de la superficie forestal y que están temporalmente sin vegetación como resultado de la intervención humana, como la cosecha, o por causas naturales pero que se espera que vuelvan a ser bosques.

## **BOSQUE CERRADO**

Formación en la que los árboles, en las distintas alturas y el sotobosque, cubren una gran proporción del terreno (>40%).

## **BOSQUE GESTIONADO**

Tierra forestal sujeta a condiciones definidas para tierras gestionadas.

## **BOSQUE NATURAL**

Bosque compuesto por árboles autóctonos y no clasificado como plantación forestal.

## **CAMBIO EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO**

Las existencias de carbono en un depósito cambian debido a pérdidas y ganancias. Cuando las pérdidas superan las ganancias, las existencias se reducen, y el depósito funciona como fuente; cuando las ganancias superan las pérdidas, se acumula carbono en los depósitos y éstos funcionan como sumideros.

## **CARBONO DEL SUELO**

Carbono orgánico contenido en suelos minerales y orgánicos (incluyendo la turba) hasta una profundidad dada elegida por el país y aplicada de forma coherente a lo largo de la serie temporal. Las raíces finas vivas de menos

---

<sup>5</sup> En el contexto del Protocolo de Kyoto, según lo estipulado por los Acuerdos de Marruecos, cf. párrafo 1 del Anexo a la decisión borrador -CMP.1 (Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura) contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, p. 58.

de 2 mm (o de otro diámetro elegido por el país para biomasa subterránea) se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente.

### **CARBONO EN...**

Véase el cuadro precedente; cantidad absoluta en toneladas, obtenida de multiplicar la cantidad de biomasa en el componente respectivo por la fracción de carbono aplicable, generalmente 50%.

### **COBERTURA FORESTAL**

Véase cobertura de las copas forestales

### **COMBUSTIBLE DE MADERA**

También combustibles basados en madera, biocombustibles derivados de la madera. Todos los tipos de biocombustibles que se originan directa o indirectamente de la biomasa maderera.

### **CONTENIDO DE CARBONO**

Cantidad absoluta de carbono en un depósito o en partes de él.

### **CONVERSIÓN**

Cambio de un uso de la tierra a otro.

### **CRECIMIENTO DE LA BIOMASA AÉREA**

Peso secado en horno del incremento anual neto (s.b.) de un árbol, una arboleda o un bosque más el peso secado en horno del crecimiento anual de ramas, brotes, follaje, copas y cepas. Se utiliza aquí el término «crecimiento» en lugar de «incremento», dado que se tiende a entender a este último como referido al volumen venable.

### **DEFORESTACIÓN<sup>6</sup>**

Conversión directa inducida por el hombre de tierra forestada a tierra no forestada.

### **DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA**

Relación entre la masa secada en horno y el volumen de madera fresca de troncos sin corteza.

### **DEPÓSITO / DEPÓSITO DE CARBONO**

Reservorio. Sistema que tiene la capacidad de acumular o liberar carbono. Constituyen ejemplos de depósitos de carbono la biomasa forestal, los productos de la madera, los suelos y la atmósfera. Se expresa en unidades de masa.

### **ESPECIES INTEGRADAS**

Especie integrada fuera de su distribución normal pasada y presente.

### **ESTACIONAL (BOSQUE)**

Bosques de hojas semicaducas con comportamiento estacional definido en las estaciones húmeda y seca, en áreas con lluvias de entre 1 200 y 2 000 mm por año.

### **EXISTENCIAS DE CARBONO**

La cantidad de carbono que hay en un depósito.

### **EXISTENCIAS EN CRECIMIENTO**

El volumen sobre corteza de todos los árboles vivos de más de X cm de diámetro a la altura del pecho. Incluye el tronco desde el nivel del suelo o cepa de altura hasta un diámetro superior de Y cm, pudiendo incluir también ramas de un diámetro mínimo de W cm. Los países indican los tres umbrales (X, Y, W en cm) y las partes de los árboles que no se incluyen en este volumen. Los países indican también si los valores declarados se refieren a volumen sobre el suelo o sobre la cepa. El diámetro se mide a 30 cm por encima del extremo de los tablares si estos tienen más de 1 metro de altura. Incluye árboles vivos derribados por el viento y excluye las ramas pequeñas, brotes, follaje, flores, semillas y raíces.

<sup>6</sup> En el contexto del Protocolo de Kyoto, según lo estipulado por los Acuerdos de Marruecos, cf. párrafo 1 del Anexo a la decisión borrador -CMP.1 (Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura) contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, p. 58.

### **FACTOR DE CONVERSIÓN Y EXPANSIÓN DE LA BIOMASA (BCEF)**

Factor de multiplicación que convierte el volumen venable de existencias en crecimiento, el volumen venable del incremento anual neto, o el volumen venable de recogida de madera o de recogidas de madera combustible en biomasa aérea, crecimiento de la biomasa aérea o recogidas de biomasa, respectivamente. Habitualmente, los factores de conversión y expansión de biomasa para existencias en crecimiento (BCEFs), para el incremento anual neto (BCEF<sub>I</sub>) y para recogida de madera y recogidas de madera combustible (BCEF<sub>R</sub>) difieren entre sí. Según se los emplea en estas directrices, sólo están referidos a componentes aéreos. Véase el Recuadro 4.2 para más detalles.

### **FACTOR DE EXPANSIÓN DE LA BIOMASA (BEF)**

Factor de multiplicación que expande el peso en seco de *biomasa de existencias en crecimiento, incremento de biomasa* y biomasa de *recogida de madera o recogidas de madera combustible* para dar cuenta de los componentes de la biomasa no venables o no comerciales, tales como cepas, ramas, brotes, follaje y, a veces, árboles no comerciales. Habitualmente, los factores de expansión de biomasa para existencias en crecimiento (BEFs), para el incremento anual neto (BEF<sub>I</sub>) y para recogida de madera y recogidas de madera combustible (BEF<sub>R</sub>) difieren entre sí. Según se los emplea en estas directrices, los factores de expansión de biomasa sólo dan cuenta de los componentes aéreos. Véase el Recuadro 4.2 para más detalles.

### **FACTOR DE CONVERSIÓN**

Multiplicador que transforma las unidades de medida de un elemento sin afectar su tamaño o cantidad. Por ejemplo, la densidad básica de la madera es un factor de conversión que transforma el volumen de la madera verde en peso en seco.

### **FRACCIÓN DE CARBONO**

Toneladas de carbono por tonelada de materia seca de la biomasa

### **GESTIÓN FORESTAL<sup>7</sup>**

Sistema de prácticas para la administración y el uso de tierras forestales destinado a cumplir importantes funciones ecológicas (incluida la diversidad biológica), económicas y sociales del bosque de manera sustentable.

### **GESTIÓN FORESTAL INTENSIVA**

Régimen de gestión forestal en el que las prácticas de silvicultura definen la estructura y la composición de las arboledas forestales. Existe un plan de gestión forestal formal o informal.

Un bosque no se encuentra bajo gestión intensiva si son principalmente procesos ecológicos naturales los que definen la estructura y la composición de las arboledas.

### **HOJARASCA**

Incluye toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite establecido para materia orgánica del suelo (sugerido 2 mm) y menor que el diámetro mínimo elegido para madera muerta (p. ej. 10 cm), que yace muerta, en diversos estados de descomposición por encima o dentro del suelo mineral u orgánico. Incluye la capa de hojarasca como se la define habitualmente en las tipologías de suelos. Las raíces finas por encima del suelo mineral u orgánico (por debajo del diámetro mínimo límite elegido para biomasa subterránea) se incluyen con la hojarasca cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente.

### **HUMEDAD (FORESTAL)**

Los regímenes de humedad para las zonas boreal y templada se definen por la relación entre la precipitación media anual (MAP) y la potencial evapotranspiración (PET). Seco (MAP/PET < 1) y Húmedo (MAP/PET > 1); y, para zonas tropicales, sólo por la precipitación: Seco (MAP < 1000mm), Húmedo (MAP: 1 000-2 000 mm) y muy húmedo (MAP > 2 000 mm).

### **INCREMENTO ANUAL NETO**

Volumen anual promedio de incremento bruto durante un período de referencia dado menos la mortalidad (véase arriba) de todos los árboles a un diámetro mínimo especificado a nivel del pecho. Como se la usa en el presente, no es el neto de las pérdidas debidas a perturbaciones (véase abajo).

---

<sup>7</sup> La gestión forestal tiene un significado especial bajo los Acuerdos de Marruecos, lo que puede requerir una subdivisión de los bosques gestionados según lo descrito en el presente Capítulo.

**INCREMENTO DE BIOMASA**

Peso secado en horno del incremento anual neto (venable) de un árbol, una arboleda o un bosque.

**INVENTARIO FORESTAL**

Sistema para medir el alcance, la cantidad y el estado de un bosque, generalmente mediante muestreo:

Un conjunto de métodos de muestreo objetivos diseñados para cuantificar la distribución espacial, la composición y los índices de cambio de los parámetros forestales dentro de los niveles de precisión especificados a los efectos de la gestión;

El listado de datos de dicho muestreo. Se puede realizar para todos los recursos forestales, incluyendo árboles y demás vegetación, peces, insectos y vida silvestre, así como para árboles de la calle y árboles de bosques urbanos.

**MADERA MUERTA**

Incluye toda la biomasa maderera no viviente que no está contenida en la hojarasca, ya sea en pie, tendida en el suelo o enterrada. La madera muerta incluye la madera tendida en la superficie, raíces muertas y cepas de 10cm de diámetro o más (o del diámetro especificado por el país).

**MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO**

Incluye el carbono orgánico contenido en suelos minerales hasta una profundidad dada elegida por el país y aplicada de forma coherente a lo largo de la serie temporal. Las raíces finas vivas y muertas y la DOM que se encuentran dentro del suelo y que miden menos que el límite de diámetro mínimo (sugerido 2mm) para raíces y DOM se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente. El valor por defecto para la profundidad del suelo es de 30cm y se brinda orientación sobre cómo determinar las profundidades específicas para cada país se incluyen en el Capítulo 2.3.3.1.

**MATERIA SECA (D.M.)**

Se refiere a la biomasa que se ha secado a un estado de secado en horno, a menudo a 70 °C.

**MORTALIDAD**

Los árboles que mueren naturalmente debido a competencia en la etapa de exclusión de tallos de una arboleda o bosque. Como se la usa en el presente, la mortalidad no incluye pérdidas debidas a perturbaciones (véase abajo).

**MUY HÚMEDO (BOSQUE)**

Los regímenes de humedad para las zonas boreal y templada se definen por la relación entre la precipitación media anual (MAP) y la potencial evapotranspiración (PET). Seco ( $MAP/PET < 1$ ) y Húmedo ( $MAP/PET > 1$ ); y, para zonas tropicales, sólo por la precipitación: Seco ( $MAP < 1000\text{mm}$ ), Húmedo ( $MAP: 1\ 000-2\ 000\ \text{mm}$ ) y muy húmedo ( $MAP > 2\ 000\ \text{mm}$ ).

**OTRAS PERTURBACIONES**

Perturbaciones provocadas por factores que no sean el fuego, los insectos, ni las enfermedades. Puede incluir áreas afectadas por sequías, inundaciones, derribos por el viento, lluvia ácida, etc.

**PÉRDIDA POR COSECHA**

Diferencia entre el volumen venable estimado de existencias en crecimiento y el volumen real de la madera recolectada. Debido a diferentes reglas de medición para madera en pie y talada, las pérdidas son por sacudidas, quebraduras, defectos.

**PERTURBACIÓN**

Se define como una fluctuación ambiental o un evento destructivo que perturba la salud o la estructura del bosque, y/o que modifica los recursos o el ambiente físico a alguna escala espacial o temporal. Perturbaciones que afectan a la salud y la vitalidad, incluyendo agentes bióticos como insectos y enfermedades, y agentes abióticos, como el fuego, la contaminación y las condiciones climáticas extremas (véanse también, más adelante, mortalidad y otras perturbaciones).

**PERTURBACIÓN POR ENFERMEDADES**

Perturbaciones provocadas por enfermedades atribuibles a agentes patógenos, como las bacterias, los hongos, el fitoplasma o los virus.

## **PERTURBACIÓN POR FUEGO**

Perturbación provocada por fuegos no controlados, independientemente de si se iniciaron dentro o fuera del bosque. Un incendio no controlado es todo incendio no planificado ni controlado en ambientes naturales que, independientemente de la fuente de ignición, puede requerir respuesta de supresión.

## **PERTURBACIÓN POR INSECTOS**

Perturbación provocada por plagas causadas por insectos, perniciosas para la salud de los árboles.

## **PERTURBACIONES QUE REEMPLAZAN LAS ARBOLEDAS**

Perturbaciones importantes que matan o eliminan todos los árboles existentes por encima de la vegetación del suelo forestal. Las perturbaciones menores dejan con vida a algunos árboles preexistentes.

## **PLANTACIÓN FORESTAL**

Arboledas forestales creadas mediante plantación y/o sembrado en procesos de repoblación forestal o reforestación. Son de especies introducidas (todas arboledas plantadas) o arboledas de especies autóctonas bajo gestión intensiva, que cumplan con los siguientes criterios: una o dos especies en la plantación, incluso clase etérea, y espaciado regular.

## **RECOGIDA DE MADERA**

La madera recogida (volumen de rollizos sobre corteza) para la producción de bienes y servicios que no sean de energía (madera combustible). El término recogida se diferencia de talas, ya que excluye los árboles talados que se dejan en el bosque. Incluye la recogida de talas de un período anterior y de árboles destruidos o dañados por causas naturales. También incluye las recogidas por gente del lugar y propietarios para su propio uso.

## **RECOGIDA DE MADERA COMBUSTIBLE**

La madera recogida para la producción de energía, independientemente de si es para uso industrial, comercial o doméstico. La madera combustible incluye la madera que se recoge o se quita directamente de los bosques o de otras tierras madereras sólo cuando es para fines energéticos. Se excluye la madera combustible que se produce como subproducto o materia residual del procesamiento industrial de rollizos. Incluye la recogida de talas en un período temprano y de árboles destruidos o dañados por causas naturales. También incluye las recogidas por gente del lugar y propietarios para su propio uso.

## **REFORESTACIÓN<sup>8</sup>**

Conversión directa inducida por el hombre de tierras no forestales a tierras forestales mediante plantación, siembra y/o la promoción inducida por el hombre de fuentes de semillas naturales, sobre tierras que estuvieron forestadas pero que se han convertido a tierras no forestadas. Durante el primer período de compromiso, las actividades de reforestación se limitan a la reforestación que se produce en aquellas tierras que no contenían forestación al 31 de diciembre de 1989.

## **REGENERACIÓN NATURAL**

Restablecimiento de una arboleda forestal por medios naturales, es decir, por siembra natural o por regeneración vegetativa. Puede ser asistida por la intervención humana, p. ej., por escarificación del suelo o cercado para protegerla de la fauna silvestre o del pastoreo de animales domésticos.

## **RELACIÓN RAÍZ/TALLO**

La relación entre la biomasa subterránea y la aérea; se aplica a la biomasa aérea, al crecimiento de esta última y a las remociones de biomasa, y puede diferir en cada uno de estos componentes.

## **REVEGETACIÓN<sup>9</sup>**

Actividad directa inducida por el hombre para incrementar las existencias de carbono en terrenos mediante la instalación de vegetación que cubra una superficie mínima de 0,05 hectáreas y que no cumple con las definiciones de población forestal y de reforestación contenidas en el presente.

---

<sup>8</sup> En el contexto del Protocolo de Kyoto, según lo estipulado por los Acuerdos de Marruecos, cf. párrafo 1 del Anexo a la decisión borrador –CMP.1 (Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura) contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, p. 58.

<sup>9</sup> En el contexto del Protocolo de Kyoto, según lo estipulado por los Acuerdos de Marruecos, cf. párrafo 1 del Anexo a la decisión borrador –CMP.1 (Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura) contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, p. 58.

## ROLLIZOS

Toda la madera redonda talada o cosechada y retirada de alguna manera; comprende toda la madera obtenida de recogidas, p. ej., cantidades recogidas de bosques y de árboles de fuera de los bosques, incluida la madera recuperada de talas o de pérdidas de la tala durante un cierto período. En la estadística de producción, representa la suma de madera combustible, incluyendo madera para carbón, troncos aserrados o en chapas, pulpa de madera y otras maderas redondas industriales. En la estadística comercial, representa la suma de rollizos industriales y madera combustible, incluso madera para carbón. Se declara en metros cúbicos, *sin la corteza*.

## SABANA

Formaciones tropicales y subtropicales con una cobertura permanente de gramíneas interrumpida ocasionalmente por árboles y arbustos. Hay sabanas en África, América Latina, Asia y Australia.

## SECO (BOSQUE)

Los regímenes de humedad para las zonas boreal y templada se definen por la relación entre la precipitación media anual (MAP, del inglés, *mean annual precipitation*) y la potencial evapotranspiración (PET). Seco (MAP/PET < 1) y Húmedo (MAP/PET > 1); y, para zonas tropicales, sólo por la precipitación: Seco (MAP < 1000mm), Húmedo (MAP: 1 000-2 000 mm) y muy húmedo (MAP > 2 000 mm).

## SUELOS ARENOSOS

Incluye todos los suelos (independientemente de su clasificación taxonómica) que tienen >70% de arena y <8% de arcilla (en base a análisis de textura estándar (en la clasificación de la FAO incluye: Arenosoles, Regosoles arenosos)).

## SUELOS DE ARCILLA DE BAJA ACTIVIDAD (LAC)

Los suelos con minerales de arcilla de baja actividad (LAC) son suelos muy erosionados por proporciones 1:1 de mineral de arcilla y óxidos amorfos de hierro y aluminio (la clasificación de la FAO incluye: Acrisoles, Nitosoles, Ferrasoles).

## SUELOS ESPÓDICOS

Suelos que se caracterizan por una fuerte podzolización (en la clasificación de la FAO se incluyen muchos grupos podzólicos).

## SUELOS ORGÁNICOS

Los suelos son orgánicos si satisfacen los requisitos 1 y 2, o 1 y 3 que se indican a continuación (FAO, 1998):

- 1) Espesor del horizonte orgánico  $\geq 10$  cm. Un horizonte de menos de 20 cm debe tener un 12 por ciento o más de carbono orgánico cuando se encuentra mezclado a una profundidad de 20 cm.
- 2) Los suelos que nunca estén saturados de agua por más de unos pocos días deben contener más de un 20 por ciento de carbono orgánico en peso (es decir, alrededor de un 35 por ciento de materia orgánica).
- 3) Suelos que estén sujetos a episodios de saturación hídrica y que tengan:
  - a. Por lo menos, un 12 por ciento de carbono orgánico en peso (es decir, alrededor de un 20 por ciento de materia orgánica) si el suelo no contiene arcilla); o
  - b. Por lo menos, un 18 por ciento de carbono orgánico en peso (es decir, alrededor de un 30 por ciento de materia orgánica) si el suelo tiene un contenido de arcilla del 60% o mayor; o
  - c. Una cantidad intermedia y proporcional de carbono orgánico para cantidades intermedias de arcilla.

## TALA

Volumen (sobre corteza) de todos los árboles, vivos o muertos, con un diámetro superior a 10 cm a la altura del pecho, talados anualmente en bosques u otras tierras madereras. Incluye el volumen de todos los árboles talados, se los recoja o no. Incluye el entresacado forestal y precomercial y las limpiezas de los árboles con más de 10 cm de diámetro que se dejan en el bosque, y las pérdidas naturales que se recuperan.

Nota: En estas directrices, se utilizan solamente los términos «recogida de madera» y «recogidas de madera combustible», coherentes con la Evaluación de Recursos Forestales mundiales (GFRA, del inglés *Global Forest Resources Assessment*) de 2005. Generalmente, las recogidas son un conjunto de talas.

### **TIERRA GESTIONADA**

Aquella en la que hubo intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales.

### **TIERRAS FORESTALES**

Esta categoría incluye todas las tierras con vegetación maderera coherente con los umbrales utilizados para definir a las Tierras forestales en el inventario nacional de gases de efecto invernadero. Incluye también los sistemas con una estructura de vegetación que actualmente no alcanza, pero que, *in situ*, podría alcanzar los valores límite usados por un país para definir la categoría de Tierras forestales.

### **TOTAL DE BIOMASA**

Existencias de biomasa en crecimiento de árboles, arboledas o bosques, más la biomasa de las ramas, brotes, follaje, semillas, cepas y, a veces, de árboles no comerciales. Se diferencia en biomasa aérea / biomasa subterránea (véase arriba). Si no es motivo de malentendidos, es también posible utilizar simplemente «biomasa» con el mismo significado.

### **TOTAL DE CRECIMIENTO DE BIOMASA**

Biomasa del incremento anual neto (véase arriba) de árboles, arboledas o bosques, más la biomasa del crecimiento de ramas, brotes, follaje, semillas, cepas y, a veces, árboles no comerciales. Se diferencia en crecimiento de biomasa aérea y crecimiento de biomasa subterránea (véase arriba). Si no es motivo de malentendidos, es también posible utilizar simplemente «crecimiento de biomasa» con el mismo significado. Se utiliza aquí el término «crecimiento» en lugar de «incremento», dado que se tiende a entender a este último como referido al volumen venable.

### **TURBA (TAMBIÉN HISTOSOL)**

El suelo típico de los humedales, con un alto nivel freático y una capa orgánica de por lo menos 40 cm de espesor (suelo orgánico con mal drenaje).

### **VOLUMEN BAJO CORTEZA**

Existencias en crecimiento o venables de madera sin corteza. Véase lo citado precedentemente.

### **VOLUMEN DE SOBRE CORTEZA**

Existencias en crecimiento o venables de madera medidas por fuera; es decir, con la corteza. La corteza incrementa el volumen total en un 5 al 25%, según el diámetro del árbol y del espesor de la corteza de las especies. El promedio ponderado de porcentaje de corteza calculado a partir de los datos del TBFRA 200 es del 11% del volumen sin corteza.

### **VOLUMEN VENABLE**

Aquel sobre corteza de todos los árboles definido empleando las condiciones descritas para existencias en crecimiento. Además, puede aplicarse a existencias en crecimiento, así como al incremento anual neto y a las recogidas de madera.

## Referencias

- Australian Greenhouse Gas Office (AGO) (2002). Greenhouse Gas Emissions from Land Use Change in Australia: An Integrated Application of the National Carbon Accounting System (2002).
- Andreae, M.O. and Merlet, P. (2001). Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochemical Cycles* **15**: 955-966.
- Armentano, T.V. and Menges, E.S. (1986). Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* **74**: 755-774.
- Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Erwin, T., Higuchi, N., Killeen, T.J., Laurance, S.G., Laurance, W.F., Lewis, S.L., Monteagudo, A., Neill, D.A., Vargas, P.N., Pitman, N.C.A., Silva, J.N.M. and Martínez, R.V. (2004a). Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **359**: 353-365.
- Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Erwin, T., Killeen, T.J., Laurance, S.G., Laurance, W.F., Lewis, S.L., Lloyd, J., Monteagudo, A., Neill, D.A., Patiño, S., Pitman, N.C.A., Silva, J.N.M. and Martínez, R.V. (2004b). Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology* **10**: 545-562.
- Barbosa, R.I. and Fearnside, P.M. (2004). Andreae, M.O. and Merlet, P. (2001). *Forest Ecology and Management* **199**: 115-123.
- Battles, J.J., Armesto, J.J., Vann, D.R., Zarin, D.J., Aravena, J.C., Pérez, C. and Johnson, A.H. (2002). Vegetation composition, structure, and biomass of two unpolluted watersheds in the Cordillera de Piuchué, Chiloé Island, Chile. *Plant Ecology* **158**: 5-19.
- Beets, P.N., Gilchrist, K. and Jeffreys, M.P. (2001). Wood density of radiata pine: Effect of nitrogen supply. *Forest Ecology and Management* **145**: 173-180.
- Bhatti, J.S., Apps, M.J., and Jiang, H. (2001). Examining the carbon stocks of boreal forest ecosystems at stand and regional scales. In: Lal R. et al. (eds.) *Assessment Methods for Soil Carbon*, Lewis Publishers, Boca Raton FL, pp. 513-532.
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H. and Baumgardner, G.A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* **111**: 1-11.
- Cannell, M.G.R. (1982). World forest biomass and primary production data. Academic Press, New York, NY.
- Centre Technique Forestier Tropical (CTFT) (1989). Memento du Forestier, 3e Édition. Ministère Français de la Coopération et du Développement, Paris, France.
- Chambers, J.Q., Tribuzy, E.S., Toledo, L.C., Crispim, B.F., Higuchi, N., dos Santos, J., Araújo, A.C., Kruijt, B., Nobre, A.D. and Trumbore, S.E. (2004). Respiration from a tropical forest ecosystem: Partitioning of sources and low carbon use efficiency. *Ecological Applications* **14**: S72-S88.
- Chambers, J.Q., dos Santos, J., Ribeiro, R.J., and Higuchi, N. (2001a). Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in a tropical forest. *Forest Ecology and Management* **152**: 73-84.
- Chambers, J.Q., Schimel, J.P. and Nobre, A.D. (2001b). Respiration from coarse wood litter in Central Amazon Forests. *Biogeochemistry* **52**: 115-131.
- Clark, D.A., Piper, S.C., Keeling, C.D. and Clark, D.B. (2003). Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984-2000. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **100**: 5852-5857.
- de Groot, W.J., Bothwell, P.M., Carlsson, D.H. and Logan, K.A. (2003). Simulating the effects of future fire regimes on western Canadian boreal forests. *Journal of Vegetation Science* **14**: 355-364
- DeWalt, S.J. and Chave, J. (2004). Structure and biomass of four lowland Neotropical forests. *Biotropica* **36**: 7-19.
- Dietz, P. (1975). Dichte und Rindengehalt von Industrieholz. *Holz Roh- Werkstoff* **33**: 135-141.
- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C. and Wisniewski, J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* **263**(1544): 185-190.
- Dong, J., Kaufmann, R.K., Myneni, R.B., Tucker, C.J., Kauppi, P.E., Liski, J., Buermann, W., Alexeyev, V. and Hughes, M.K. (2003). Remote sensing estimates of boreal and temperate forest woody biomass: Carbon pools, sources, and sinks. *Remote Sensing of Environment* **84**: 393-410.

- Dubé, S., Plamondon, A.P. and Rothwell, R.L. (1995). Watering up after clear-cutting on forested wetlands of the St. Lawrence lowland. *Water Resources Research* **31**:1741-1750.
- Echeverria, C. and Lara, A. (2004). Growth patterns of secondary *Nothofagus obliqua*-N. alpina forests in southern Chile. *Forest Ecology and Management* **195**: 29-43.
- Ellert, B.H., Janzen, H.H. and McConkey, B.G. (2001). Measuring and comparing soil carbon storage. In: R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett and B.A. Stewart (eds.). *Soil Management for Enhancing Carbon Sequestration*. CRC Press, Boca Raton, FL., pp. 593-610.
- Falloon, P. and Smith, P. (2003). Accounting for changes in soil carbon under the Kyoto Protocol: need for improved long-term data sets to reduce uncertainty in model projections. *Soil Use and Management*, **19**, 265-269.
- Fearnside, P.M. (1997). Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* **90**: 59-87.
- Feldpausch, T.R., Rondon, M.A., Fernandes, E.C.M. and Riha, S.J. (2004). Carbon and nutrient accumulation in secondary forests regenerating on pastures in central Amazonia. *Ecological Applications* **14**: S164-S176.
- Filipchuk, A.N., Strakhov, V.V., Borisov, B.A. *et al.* (2000). A Brief National Overview on Forestry Sector and Wood Products: Russian Federation. UN ECE, FAO. New York, Geneva. ECE/TIM/SP/18, p. 94 (In Russian).
- Fittkau, E.J. and Klinge, N.H. (1973). On biomass and trophic structure of the central Amazonian rainforest ecosystem. *Biotropica* **5**: 2-14.
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2001. Global forest resources assessment 2000. FAO, Rome, Italy.
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2006. Global forest resources assessment 2005. FAO, Rome, Italy.
- Gayoso, J. and Schlegel, B. (2003). Estudio de línea de base de carbono: Carbono en bosques nativos, matorrales y praderas de la Décima Región de Chile. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Gayoso, J., Guerra, J. and Alarcón, D. (2002). Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Gower, S.T., Krankina, O., Olson, R.J., Apps, M., Linder, S. and Wang, C. (2001). Net primary production and carbon allocation patterns of boreal forest ecosystems. *Ecological Applications* **11**: 1395-1411.
- Hall, G.M.J. (2001). Mitigating an organization's future net carbon emissions by native forest restoration. *Ecological Applications* **11**: 1622-1633.
- Hall, G.M.J. and Hollinger, D. Y. (1997). Do the indigenous forests affect the net CO<sub>2</sub> emission policy of New Zealand? *New Zealand Forestry* **41**: 24-31.
- Hall, G.M.J., Wiser, S.K., Allen, R.B., Beets, P.N. and Goulding, C.J. (2001). Strategies to estimate national forest carbon stocks from inventory data: The 1990 New Zealand baseline. *Global Change Biology* **7**: 389-403.
- Harmand, J.M., Njiti, C.F., Bernhard-Reversat, F. and Puig, H. (2004). Aboveground and belowground biomass, productivity and nutrient accumulation in tree improved fallows in the dry tropics of Cameroon. *Forest Ecology and Management* **188**: 249-265.
- Harmon, M.E. and Marks, B. (2002). Effects of silvicultural practices on carbon stores in Douglas-fir-western hemlock forests in the Pacific Northwest, USA: results from a simulation model. *Canadian Journal of Forest Research* **32** (5): 863-877.
- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory, S.V., Lattin, J.D., Anderson, N.H., Cline, S.P., Aumen, N.G., Sedell, J.R., Lienkaemper, G.W., Cromack, J.R. and Cummins, K.W. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research* **15**: 133-302.
- Hessl, A.E., Milesi, C., White, M.A., Peterson, D.L. and Keane, R. (2004). Ecophysiological parameters for Pacific Northwest trees. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Portland, OR.
- Hinds, H.V. and Reid, J.S. (1957). Forest trees and timbers of New Zealand. New Zealand Forest Service Bulletin 12: 1-221.
- Hughes, R.F., Kauffman, J.B. and Jaramillo, V.J. (1999). Biomass, carbon, and nutrient dynamics of secondary forests in a humid tropical region of México. *Ecology* **80**: 1892-1907.
- Hughes, R.F., Kauffman, J.B. and Jaramillo-Luque, V.J. (2000). Ecosystem-scale impacts of deforestation and land use in a humid tropical region of México. *Ecological Applications* **10**: 515-527.

- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, París, Francia.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, hayama, Japan.
- Jenkins, J.C., Chojnacky, D.C., Heath, L.S. and Birdsey, R.A. (2004). Comprehensive database of diameter-based biomass regressions for North American tree species. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Newtown Square, PA.
- Jobbagy, E.G. and Jackson, R.B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* **19**(2):423-436.
- Johnson, D.W., and Curtis, P.S. (2001). Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management* **140**: 227-238.
- Johnson, D.W., Knoepp, J.D. and Swank, W.T. (2002). Effects of forest management on soil carbon: results of some long-term resampling studies. *Environment Pollution* **116**: 201-208.
- Knigge, W. and Schulz, H. (1966). Grundriss der Forstbenutzung. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin.
- Köppen, W. (1931). Grundriss der Klimakunde. Walter deGruyter Co., Berlin, Germany.
- Kraenzel, M., Castillo, A., Moore, T. and Potvin, C. (2003). Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantations, Panama. *Forest Ecology and Management* **173**: 213-225.
- Kurz, W.A., Apps, M.J., Banfield, E. and Stinson, G. (2002). Forest carbon accounting at the operational scale. *The Forestry Chronicle* **78**: 672-679.
- Kurz, W.A. and Apps, M.J. (2006). Developing Canada's national forest carbon monitoring, accounting and reporting system to meet the reporting requirements of the Kyoto Protocol. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* **11**(1): 33-43.
- Kurz, W.A., Apps, M.J., Webb, T.M. and McNamee, P.J. (1992). The carbon budget of the Canadian forest sector: phase I. Forestry Canada, Northwest Region. Information Report NOF-X-326, 93 pp.
- Kurz, W.A., Beukema, S.J. and Apps, M.J. (1998). Carbon budget implications of the transition from natural to managed disturbance regimes in forest landscapes. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* **2**:405-421.
- Kurz, W.A., Beukema, S.J. and Apps, M.J. (1996). Estimation of root biomass and dynamics for the carbon budget model of the Canadian forest sector. *Can. J. For. Res.* **26**:1973-1979.
- Lamlom, S.H. and Savidge, R.A. (2003). A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenergy* **25**: 381-388.
- Lasco, R.D. and Pulhin, F.B. (2003). Philippine forest ecosystems and climate change: Carbon stocks, rate of sequestration and the Kyoto Protocol. *Annals of Tropical Research* **25**: 37-51.
- Levy, P.E., Hale, S.E. and Nicoll, B.C. (2004). Biomass expansion factors and root:shoot ratios for coniferous tree species in Great Britain. *Forestry* **77**: 421-430.
- Li, C. and Apps, M.J. (2002). Fire Regimes and the Carbon Dynamics of Boreal Forest Ecosystems. In Shaw C. and Apps MJ (Eds). The role of Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget, Northern Forestry Centre Report Fo42-334/2000E, 107-118.
- Li, C., Kurz, W.A., Apps, M.J. and Beukema, S.J. (2003). Belowground biomass dynamics in the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector: recent improvements and implications for the estimation of NPP and NEP. *Canadian Journal of Forest Research* **33**: 126-136.
- Liski, J., Pussinen, A., Pingoud, K., Makipaa, R. and Karjalainen, T. (2001). Which rotation length is favourable to carbon sequestration? *Canadian Journal of Forest Research* **31**: 2004-2013.
- Loveland, T.R., Reed, B.C., Brown, J.F., Ohlen, D.O., Zhu, Z., Yang, L. and Merchant, J.W. (2000). Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1-km AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing* **21**: 1303-1330.
- Lugo, A.E., Wang, D. and Bormann, F.H. (1990). A comparative analysis of biomass production in five tropical tree species. *Forest Ecology and Management* **31**: 153-166.

- Malhi, Y., Baker, T.R., Phillips, O.L., Almeida, S., Alvarez, E., Arroyo, L., Chave, J., Czimeczik, C.I., Di Fiore, A., Higuchi, N., Killeen, T.J., Laurance, S.G., Laurance, W.F., Lewis, S.L., Montoya, L.M.M., Monteagudo, A., Neill, D.A., Vargas, P.N., Patiño, S., Pitman, N.C.A., Quesada, C.A., Salomões, R., Silva, J.N.M., Lezama, A.T., Martínez, R.V., Terborgh, J., Vinceti, B. and Lloyd, J. (2004). The above-ground coarse wood productivity of 104 Neotropical forest plots. *Global Change Biology* **10**: 563-591.
- Matthews, G.A.R. (1993). The carbon content of trees. UK Forestry Commission, Edinburgh, UK.
- McGroddy, M.E., Daufresne, T. and Hedin, L.O. (2004). Scaling of C:N:P stoichiometry in forests worldwide: Implications of terrestrial Redfield-type ratios. *Ecology* **85**: 2390-2401.
- McKenzie, N.J., Cresswell, H.P., Ryan, P.J. and Grundy, M. (2000). Opportunities for the 21st century: Expanding the horizons for soil, plant, and water analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **31**: 1553-1569.
- Mokany, K., Raison, J.R. and Prokushkin, A.S. (2006). Critical analysis of root:shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology* **12**: 84-96.
- Monte, L., Hakanson, L., Bergstrom, U., Brittain, J. and Heling, R. (1996). Uncertainty analysis and validation of environmental models: the empirically based uncertainty analysis. *Ecological Modelling* **91**:139-152.
- Montès, N., Bertaudière-Montes, V., Badri, W., Zaoui, E.H. and Gauquelin, T. (2002). Biomass and nutrient content of a semi-arid mountain ecosystem: the *Juniperus thurifera* L. woodland of Azzaden Valley (Morocco). *Forest Ecology and Management* **166**: 35-43.
- Nygård, R., Sawadogo, L. and Elfving, B. (2004). Wood-fuel yields in short-rotation coppice growth in the north Sudan savanna in Burkina Faso. *Forest Ecology and Management* **189**: 77-85.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J., Eve, M.D. and Paustian, K. (2003). Uncertainty in estimating land use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agricultural lands between 1982 and 1997. *Global Change Biology* **9**:1521-1542.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J. and Paustian, K. (2006). Bias and variance in model results associated with spatial scaling of measurements for parameterization in regional assessments. *Global Change Biology* **12**:516-523.
- Post, W.M. and Kwon, K.C. (2000). Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology* **6**:317-327.
- Poupon, H. (1980). Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe Sahélienne au nord du Sénégal. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Paris, France.
- Powers, J.S., Read, J.M., Denslow, J.S. and Guzman, S.M. (2004). Estimating soil carbon fluxes following land-cover change: a test of some critical assumptions for a region in Costa Rica. *Global Change Biology* **10**:170-181.
- Pregitzer, K.S. (2003). Woody plants, carbon allocation and fine roots. *New Phytologist* **158** (3): 421-424.
- Reyes, G., Brown, S., Chapman, J. and Lugo, A.E. (1992). Wood densities of tropical tree species. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, New Orleans, LA.
- Rijsdijk, J.F. and Laming, P.B. (1994). Physical and related properties of 145 timbers. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Saldarriaga, J.G., West, D.C., Tharp, M.L. and Uhl, C. (1988). Long term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. *Journal of Ecology* **76**: 938-958.
- Scott, N.A., Tate, K.R., Giltrap, D.J., *et al.* (2002). Monitoring land-use change effects on soil carbon in New Zealand: quantifying baseline soil carbon stocks. *Environmental Pollution* **116**: 167-186.
- Sebei, H., Albouchi, A., Rapp, M. and El Aouni, M.H. (2001). Évaluation de la biomasse arborée et arbustive dans une séquence de dégradation de la suberaie à Cytise de Kroumirie (Tunisie). *Annals of Forest Science* **58**: 175-191.
- Siltanen, *et al.* (1997). A soil profile and organic carbon data base for Canadian forest and tundra mineral soils. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta.
- Singh, K. and Misra, R. (1979). Structure and Functioning of Natural, Modified and Silvicultural Ecosystems in Eastern Uttar Pradesh. Banras Hindu University, Varanasi, India.
- Singh, S.S., Adhikari, B.S. and Zobel, D.B. (1994). Biomass, productivity, leaf longevity, and forest structure in the central Himalaya. *Ecological Monographs* **64**: 401-421.

- Smith, J.E. and Heath, L.S. (2001). Identifying influences on model uncertainty: an application using a forest carbon budget model. *Environmental Management* **27**:253-267.
- Smithwick, E.A.H., Harmon, M.E., Remillard, S.M., Acker, S.A. and Franklin, J.F. (2002). Potential upper bounds of carbon stores in forests of the Pacific Northwest. *Ecological Applications* **12**: 1303-1317.
- Somogyi, Z., Cienciala, E., Mäkipää, R., Muukkonen, P., Lehtonen, A. and Weiss, P. (2006). Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. *European Journal of Forest Research*. DOI: 10.1007/s10342006-0125-7.
- Stape, J.L., Binkley, D. and Ryan, M.G. (2004). Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. *Forest Ecology and Management* **193**: 17-31.
- Stephens, P., Trotter, C., Barton, J., Beets, P., Goulding, C., Moore, J., Lane, P. and Payton, I. (2005). Key elements in the development of New Zealand's carbon monitoring, accounting and reporting system to meet Kyoto Protocol LULUCF good practice guidance, Poster paper presented at IUFRO World Congress, Brisbane Australia, August 2005.
- Stocks, B.J., Mason, J.A., Todd, J.B., Bosch, E.M., Wotton, B.M., Amiro, B.D., Flannigan, M.D., Hirsch, K.G., Logan, K.A., Martell, D.L., and Skinner, W.R. (2002). "Large forest fires in Canada, 1959 – 1997", *Journal of Geophysical Research*, **107**, 8149 [printed 108(D1), 2003].
- Trotter, C., Barton, J., Beets, P., Goulding, C., Lane, P., Moore, J., Payton, I., Rys, G., Stephens, P., Tate, K. and Wakelin, S. (2005). New Zealand's approach to forest inventory under the UNFCCC and Kyoto Protocol. Proceedings of the International Workshop of Forest Inventory for the Kyoto Protocol (Eds Matsumoto, M. and Kanomata, H.), pp. 33–43, published by: Division of Policy and Economics, Forestry and Forest Products Research Institute, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687, Japan.
- Trotter, C.M. (1991). Remotely sensed data as an information source for Geographical Information Systems in natural resource management. *International Journal of Geographical Information Systems* **5**, No. 2, 225-240.
- Ugalde, L. and Perez, O. (2001). Mean annual volume increment of selected industrial forest plantation species. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- VandenBygaart, A.J., Gregorich, E.G., Angers, D.A., *et al.* (2004). Uncertainty analysis of soil organic carbon stockchange in Canadian cropland from 1991 to 2001. *Global Change Biology* **10**:983-994.
- Wulder, M., Kurz, W.A. and Gillis, M. (2004). National level forest monitoring and modeling in Canada, *Progress in Planning*, Volume 61:365-381.
- Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R. and Mencuccini, M. (2005). Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fennica*, Monographs 4. 63. p.