

# **CAPÍTULO 6**

---

## **PASTIZALES**

## **Autores**

Louis Verchot (ICRAF/Estados Unidos), Thelma Krug (Brasil), Rodel D. Lasco (Filipinas), Stephen Ogle (Estados Unidos) y John Raison (Australia)

Yue Li (China), Daniel L. Martino (Uruguay), Brian G. McConkey (Canadá) y Pete Smith (Reino Unido)

## **Autor colaborador**

Mercy Wanja Karunditu (ICRAF)

## Índice

6	Pastizales	
6.1	Introducción.....	6.5
6.2	Pastizales que permanecen como tales (GG, del inglés <i>Grassland remaining Grassland</i> ) .....	6.6
6.2.1	Biomasa .....	6.6
6.2.1.1	Elección del método .....	6.7
6.2.1.2	Elección de los factores de emisión/absorción .....	6.8
6.2.1.3	Elección de los datos de la actividad .....	6.9
6.2.1.4	Pasos de cálculo para los Niveles 1 y 2 .....	6.9
6.2.1.5	Evaluación de incertidumbre .....	6.10
6.2.2	Materia orgánica muerta.....	6.11
6.2.2.1	Elección del método .....	6.12
6.2.2.2	Elección de los factores de emisión/absorción .....	6.12
6.2.2.3	Elección de los datos de la actividad .....	6.13
6.2.2.4	Pasos de cálculo para los Niveles 1 y 2 .....	6.13
6.2.2.5	Evaluación de incertidumbre .....	6.14
6.2.3	Carbono del suelo .....	6.15
6.2.3.1	Elección del método .....	6.15
6.2.3.2	Elección del factor de cambio de existencias y de emisión .....	6.18
6.2.3.3	Elección de los datos de la actividad .....	6.20
6.2.3.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1 .....	6.22
6.2.3.5	Evaluación de incertidumbre .....	6.24
6.2.4	Emisiones de gases de efecto invernadero no CO <sub>2</sub> a partir del quemado de biomasa .....	6.25
6.2.4.1	Elección del método .....	6.25
6.2.4.2	Elección de los factores de emisión .....	6.26
6.2.4.3	Elección de los datos de la actividad .....	6.26
6.2.4.4	Evaluación de incertidumbre .....	6.27
6.3	Tierras convertidas en pastizales (LG, del inglés <i>Land converted to Grassland</i> ).....	6.27
6.3.1	Biomasa .....	6.28
6.3.1.1	Elección del método .....	6.29
6.3.1.2	Elección de los factores de emisión/absorción .....	6.30
6.3.1.3	Elección de los datos de la actividad .....	6.32
6.3.1.4	Pasos de cálculo para los Niveles 1 y 2 .....	6.33
6.3.1.5	Evaluación de incertidumbre .....	6.34
6.3.2	Materia orgánica muerta.....	6.35
6.3.2.1	Elección del método .....	6.35
6.3.2.2	Elección de los factores de emisión/absorción .....	6.37
6.3.2.3	Elección de los datos de la actividad .....	6.37

6.3.2.4	Pasos de cálculo para los Niveles 1 y 2 .....	6.38
6.3.2.5	Evaluación de incertidumbre .....	6.39
6.3.3	Carbono del suelo .....	6.40
6.3.3.1	Elección del método .....	6.40
6.3.3.2	Elección de los factores de cambio de existencias y de emisión .....	6.41
6.3.3.3	Elección de los datos de la actividad .....	6.42
6.3.3.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1 .....	6.43
6.3.3.5	Evaluación de incertidumbre .....	6.44
6.3.4	Emisiones de gases de efecto invernadero no CO <sub>2</sub> a partir del quemado de biomasa .....	6.44
6.3.4.1	Elección del método .....	6.45
6.3.4.2	Elección de los factores de emisión .....	6.45
6.3.4.3	Elección de los datos de la actividad .....	6.45
6.3.4.4	Evaluación de incertidumbre .....	6.46
6.4	Exhaustividad, series temporales, GC/CC y generación de informes .....	6.46
6.4.1	Exhaustividad .....	6.46
6.4.2	Desarrollo de una serie temporal coherente .....	6.47
6.4.3	Garantía de calidad y control de calidad .....	6.48
6.4.4	Generación de informes y documentación .....	6.49
Anexo 6A.1	Estimación de los factores de cambio de existencias por defecto para emisiones/absorciones de C en suelos minerales de Pastizales .....	6.51
Referencias	.....	6.52

## Figura

Figura 6.1	Esquema de clasificación para sistemas de pastizales/pastoreo. ....	6.21
------------	---	------

## Cuadros

Cuadro 6.1	Factores de expansión por defecto de la relación entre la biomasa subterránea y aérea (R) para los principales ecosistemas de pastizales del mundo .....	6.8
Cuadro 6.2	Factores relativos de cambio de existencias para la gestión de los pastizales .....	6.19
Cuadro 6.3	Factores de emisión (EF) anuales para suelos orgánicos drenados de pastizales .....	6.20
Cuadro 6.4	Existencias de biomasa por defecto presentes en los pastizales , después de la conversión de otro uso de la tierra .....	6.31

## 6 PASTIZALES

### 6.1 INTRODUCCIÓN

Los pastizales cubren un cuarto de la superficie terrestre (Ojima *et al.*, 1993) y abarcan una gama de condiciones climáticas que van desde las áridas hasta las húmedas. Los pastizales varían de forma considerable en el grado y la intensidad de su gestión, desde los prados y las sabanas gestionados extensivamente – donde la carga animal y los regímenes de incendios son las variables principales de la gestión – hasta las tierras de pastura y heno gestionadas intensivamente (p. ej. con fertilización, irrigación o cambios en especies). Los pastizales suelen poseer una vegetación dominada por pastizales perennes y el uso predominante de la tierra es el pastoreo.

En general, los pastizales se distinguen del «bosque» como ecosistemas con una cobertura forestal de árboles inferior a un cierto umbral, que varía de una región a otra. En los pastizales predomina el carbono subterráneo, que se encuentra principalmente en las raíces y en la materia orgánica del suelo. La transición de las lluvias o los gradientes del suelo entre los pastizales y el bosque se produce a menudo gradualmente. Muchos arbustales con altas proporciones de biomasa leñosa perenne pueden considerarse un tipo de pastizal, y los países pueden optar por contabilizar algunos o todos ellos dentro de la categoría de Pastizales.

Muchas especies de pastizales se han adaptado para hacer frente al pastoreo y los daños normales ocasionados por el fuego y, en consecuencia, tanto la vegetación como el carbono del suelo son relativamente resistentes a las perturbaciones ocasionados por el pastoreo moderado y los incendios (Milchunas y Lauenroth, 1993). En muchos tipos de pastizales, la presencia del fuego es un factor clave para evitar la invasión de especies leñosas que afectan significativamente las reservas de carbono del ecosistema (Jackson *et al.*, 2002).

Las *Directrices del IPCC de 1996* trataban sólo de las emisiones procedentes del quemado de las sabanas tropicales y de los cambios en la biomasa asociados con la conversión de los Pastizales en otro tipo de uso de la tierra. Se emplearon tres conjuntos de cálculos para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la conversión de los pastizales: (i) el dióxido de carbono emitido por el quemado de la biomasa aérea, (ii) el dióxido de carbono liberado por la descomposición de la biomasa aérea, y (iii) el dióxido de carbono liberado por el suelo. No se hicieron previsiones explícitas para declarar los cambios en las existencias de carbono de los pastizales asociadas con los cambios en la cobertura de biomasa leñosa perenne, o los cambios en la gestión de estos sistemas.

Estas *Directrices* actualizan las *Directrices del IPCC de 1996* y permiten estimar las emisiones y absorciones de carbono en los pastizales, debido a los cambios en la biomasa aérea y subterránea, las emisiones de los gases de efecto invernadero no-CO<sub>2</sub> debidas al quemado de la biomasa, y las emisiones y absorciones de carbono de los pastizales debidas a los cambios en las existencias de carbono del suelo. Incluyen nuevas metodologías que fueron desarrolladas en la *GPG-LULUCF* (IPCC, 2003). Los nuevos elementos relativos a las *Directrices del IPCC de 1996* incluyen:

- Metodologías para considerar los cambios de existencias de C en los dos depósitos principales del pastizal: biomasa y suelos;
- Inclusión explícita del impacto de las perturbaciones naturales y los incendios en los pastizales gestionados;
- Estimación de las emisiones y absorciones de la *Tierras convertidas en pastizales*;
- La extensión de los métodos para la estimación de gases de efecto invernadero no CO<sub>2</sub> debidos al quemado de la biomasa desde las sabanas hasta los pastizales;
- La estimación de las emisiones de los gases de efecto invernadero no CO<sub>2</sub> debidas al quemado de biomasa durante la conversión en pastizales; y
- Nuevos factores de tasa de cambio de existencias y existencias de referencia de C para el C orgánico del suelo.

En este capítulo se brinda orientación respecto de los métodos a utilizar por defecto y los métodos avanzados para estimar y declarar las emisiones y absorciones de los pastizales. Se proporcionan métodos y orientación para *Pastizales que permanecen como tales* (Sección 6.2) y *Tierras convertidas en pastizales* (Sección 6.3). Para los *Pastizales que permanecen como tales*, las emisiones y absorciones de carbono se basan en la estimación de los cambios en las prácticas de gestión de las existencias de carbono. Para las tierras convertidas en Pastizales, las emisiones y absorciones de carbono se basan en la estimación de los efectos de la sustitución de un determinado tipo de vegetación por la vegetación del pastizal. Si no hay datos disponibles para dividir la superficie de los pastizales en *Pastizales que permanecen como tales* y *Tierras convertidas en pastizales*, el método a utilizar por defecto consiste en considerar todos los pastizales bajo la categoría de *Pastizales que permanecen como tales*.

La variabilidad climática interanual es un factor importante a tener en cuenta cuando se compila un inventario del carbono en los pastizales. Los mayores cambios de la biomasa en pie pueden ocurrir de un año a otro, lo que está asociado con las diferencias en las precipitaciones anuales. La variabilidad interanual de las precipitaciones puede afectar también a las decisiones en la gestión, como el riego o la aplicación de fertilizantes. El compilador del inventario debe ser consciente de ello y tener en cuenta estos efectos en el inventario cuando sea apropiado.

## **6.2 PASTIZALES QUE PERMANECEN COMO TALES (GG, DEL INGLÉS *GRASSLAND REMAINING GRASSLAND*)**

Los *Pastizales que permanecen como tales* incluyen las pasturas gestionadas que siempre han tenido la vegetación de los pastizales y el uso de las tierras de pastura u otras categorías de tierras convertidas en pastizales hace más de 20 años. Elaborar un inventario de gases de efecto invernadero para los *Pastizales que permanecen como tales* (GG) implica estimar 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>. Las principales fuentes de emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero de esta categoría están asociadas con la gestión del pastizal y los cambios de esta gestión. El cambio en las existencias de C en los *Pastizales que permanecen como tales* se estima utilizando la Ecuación 2.3 del Capítulo 2. El árbol de decisiones de la Figura 1.2 (Capítulo 1) brinda una orientación para seleccionar el nivel apropiado (nivel de complejidad metodológica) para la aplicación de los procedimientos de estimación para GG.

### **6.2.1 Biomasa**

Las estimaciones de carbono en los pastizales permanentes se ven influenciadas por las actividades humanas y las perturbaciones naturales, incluyendo: la cosecha de la biomasa leñosa, la degradación de los prados, el pastoreo, los incendios, la rehabilitación de las pasturas, su gestión, etc. La producción anual de biomasa en los pastizales puede ser elevada, pero debido a la rápida renovación y a las pérdidas por el pastoreo y los incendios, y a la senectud anual de la vegetación herbácea, las existencias en pie de la biomasa aérea rara vez sobrepasan unas cuantas toneladas por hectárea en muchos pastizales. Pueden acumularse cantidades más grandes en el componente leñoso de la vegetación, en la biomasa de raíces y en los suelos. Prácticas de gestión como las descritas anteriormente afectan el modo en el que aumentan o disminuyen las existencias de carbono de cada uno de estos depósitos.

Esta sección brinda orientación para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa de los *Pastizales que permanecen como tales*, incluyendo el incremento de la cobertura de la vegetación leñosa, los efectos de agregación de materia orgánica y los efectos de la gestión y el encalado. Los conceptos que subyacen en los cambios en las existencias de carbono en la biomasa de los *Pastizales que permanecen como tales* dependen de las prácticas de gestión. El árbol de decisiones de la Figura 2.2 (Capítulo 2) brinda orientación sobre la elección de los niveles para declarar cambios en las existencias de C de la biomasa.

Debido a que a menudo faltan datos de la biomasa terrestre de ecosistemas específicos, se utiliza un método simplificado basado en la relación entre la biomasa aérea y la biomasa subterránea. Con este método, los cálculos de la biomasa subterránea están estrechamente ligados a los cálculos de la biomasa aérea. Por consiguiente, en pos de la simplicidad, se combinan la biomasa aérea con la subterránea para la estimación y declaración.

Aunque los métodos para estimar los cambios en la biomasa sean conceptualmente similares entre los Pastizales, las Tierras de cultivo, y las Tierras forestales, los pastizales son únicos en muchos sentidos. Las grandes superficies de pastizales están sujetas a incendios frecuentes que pueden influir en la abundancia de vegetación leñosa, en la mortalidad y regeneración de la vegetación herbácea y leñosa, y en la división del carbono aéreo y subterráneo. La variabilidad del clima y otras actividades de gestión, tales como la eliminación de árboles y maleza, la mejora de las pasturas, la plantación de árboles, así como el pastoreo excesivo y la degradación, pueden influir en las existencias de biomasa. Para las especies leñosas de las sabanas (pastizales con árboles), las relaciones alométricas se diferencian de aquellas utilizadas en las Tierras forestales debido a la gran cantidad de árboles multi-tallo, de matas, árboles huecos, a la elevada proporción de árboles muertos en pie, a las altas relaciones raíz/tallo y a la regeneración de los rebrotes.

### 6.2.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 1.2 del Capítulo 1 brinda orientación para la selección del nivel apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación. La estimación de los cambios en las existencias de carbono de la biomasa requiere una estimación de los cambios en las existencias de carbono de la biomasa aérea y subterránea.

Según el nivel utilizado y los datos disponibles, los pastizales pueden ser desagregados por tipo, región, o zona climática y sistema de gestión. Es una *buena práctica* para todos los países esforzarse por mejorar sus métodos de inventario y declaración aplicando el nivel más alto posible, dentro de las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* utilizar métodos de Niveles 2 o 3 si las emisiones y absorciones de carbono en los *Pastizales que permanecen como tales* son una categoría principal y si la subcategoría de biomasa se considera significativa basándose en los principios establecidos en el Volumen 1, Capítulo 4.

#### Nivel 1

En el método de Nivel 1 se supone que no hay cambios en la biomasa de los *Pastizales que permanecen como tales*. En los pastizales en los que no hay cambios ni en el tipo ni en la intensidad de la gestión, la biomasa estará en un régimen más o menos constante (esto es, la acumulación de carbono debida al crecimiento vegetal se equilibra con las pérdidas debidas al pastoreo, la descomposición, y el fuego). En los pastizales en los que se producen cambios en la gestión a través del tiempo (p. ej., mediante la introducción de sistemas silvopastorales, la eliminación de árboles/matras debido a la gestión del pastoreo, la gestión de pasturas mejoradas u otras prácticas), los cambios en las existencias de carbono pueden ser significativos. Si es razonable suponer que el pastizal no es una fuente principal, un país puede aplicar la hipótesis del Nivel 1 de que no hay cambios en la biomasa. Sin embargo, si hay información disponible para desarrollar estimaciones fiables de las tasas de cambio de la biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales*, un país puede utilizar un nivel superior, incluso si los *Pastizales que permanecen como tales* no son una fuente principal, especialmente si es probable que se produzcan cambios en la gestión.

#### Nivel 2

EL Nivel 2 permite estimar cambios en la gestión de la biomasa debidos a las prácticas de gestión. Se sugieren dos métodos para la estimación de los cambios en las existencias de carbono de la biomasa.

**Método de ganancias y pérdidas** (véase la Ecuación 2.7 del Capítulo 2): Este método incluye la estimación de la superficie del pastizal según las categorías de gestión y el crecimiento anual promedio y la pérdida de las existencias de biomasa. Requiere una estimación de la superficie del *Pastizal que permanece como tal*, de acuerdo con los diferentes climas, zonas ecológicas o tipos de pastizal, régimen de perturbación, régimen de gestión, u otros factores que afecten significativamente los depósitos de carbono de la biomasa y el crecimiento y la pérdida de biomasa según los diferentes tipos de pastizal.

**Método de diferencia de existencias** (véase la Ecuación 2.8 del Capítulo 2): El Método de diferencia de existencias incluye la estimación de la superficie del pastizal y de las existencias de biomasa en dos periodos de tiempo,  $t_1$  y  $t_2$ . Las diferencias de existencias en la biomasa anual media del año del inventario se obtienen dividiendo la diferencia de existencias por el período (años) entre inventarios. Este método se puede aplicar en los países que tienen inventarios periódicos, y puede ser más apropiado para los países que adoptan los métodos de Nivel 3. Puede no ser muy apropiado en las regiones con climas muy variables y puede producir resultados espurios a menos que se lleven a cabo inventarios anuales.

#### Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 se emplean en los países que cuentan con factores de emisión específicos del país y con datos considerables a nivel nacional. La metodología definida para el país puede basarse en inventarios detallados de parcelas de muestreo permanente de sus pastizales y/o en modelos.

En cuanto al Nivel 3, los países deben desarrollar sus propias metodologías y parámetros para estimar los cambios en la biomasa. Estas metodologías pueden derivarse de la Ecuación 2.7 o 2.8 especificadas precedentemente, o pueden basarse en otros métodos. El método utilizado debe documentarse claramente.

Las estimaciones de las existencias de carbono en la biomasa a nivel nacional deben determinarse como parte de un inventario nacional de pastizales, de modelos de nivel nacional o de un programa específico de inventarios de gases de efecto invernadero (GEI), con muestreo periódico según los principios establecidos en el Volumen 1. Los datos del inventario pueden acompañarse de estudios de modelización para capturar la dinámica de todos los depósitos de carbono de los pastizales.

Los métodos del Nivel 3 permiten obtener estimaciones con mayor certidumbre que los niveles inferiores y se caracterizan por una mejor relación entre los distintos depósitos de carbono. Algunos países han desarrollado matrices de perturbación que dan como resultado una pauta de re-atribución de carbono entre los distintos depósitos para cada tipo de perturbación.

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

Los factores de emisión y absorción que se necesitan para estimar los cambios en la biomasa debida a la gestión incluyen la tasa de crecimiento de la biomasa, la pérdida de biomasa, y el factor de expansión para la biomasa subterránea. Los factores de emisión y absorción se utilizan para estimar el crecimiento y la pérdida en la biomasa debida a la invasión de la vegetación leñosa perenne en el pastizal, a la degradación por el pastoreo excesivo, y a otros efectos de la gestión.

#### Nivel 1

El nivel 1 debe elegirse cuando no hay emisiones o absorciones significativas en el *Pastizal que permanece como tal*. El Nivel 1 supone que la biomasa de todo el *Pastizal que permanece como tal* se mantiene estable. Se aconseja que los países que experimenten cambios significativos en la gestión del pastizal o perturbaciones desarrollen datos nacionales para estimar este impacto, y que lo declaren bajo la metodología de Nivel 2 o 3.

#### Nivel 2

Es una *buena práctica* utilizar datos de nivel nacional sobre las existencias de C en la biomasa para diferentes categorías de pastizales, en combinación con valores por defecto, si no se dispone de valores específicos nacionales o regionales respecto a algunas categorías de pastizal. Los valores específicos del país para el incremento neto de biomasa, así como las pérdidas de árboles vivos cosechados y pastizales, que se convierten en residuos de cosecha y las tasas de descomposición, en el caso del Método de ganancias y pérdidas o el cambio neto en las existencias de biomasa en el caso del Método de diferencia de existencias, se pueden derivar de los datos específicos del país, teniendo en cuenta el tipo de Pastizal, la tasa de utilización de la biomasa, las prácticas de cosecha, y la cantidad de vegetación deteriorada durante las operaciones de cosecha. Los valores específicos del país en cuanto a regímenes de perturbaciones deben derivarse de estudios científicos.

La estimación de la biomasa subterránea puede ser un componente importante de los sondeos de la biomasa de los pastizales, pero las medidas de campo son laboriosas y difíciles. Por consiguiente, a menudo se utilizan factores de expansión para estimar la biomasa subterránea a partir de la biomasa aérea. Las adaptaciones al fuego y al pastoreo han conducido a relaciones más altas raíz/tallo en comparación con otros muchos ecosistemas; por lo tanto los factores de expansión de biomasa de los ecosistemas no perturbados no pueden aplicarse sin modificación. Las relaciones raíz/tallo varían significativamente tanto en especies individuales (p. ej., Anderson *et al.*, 1972) como a escala comunitaria (p. ej., Jackson *et al.*, 1996; Cairns *et al.*, 1997). Por lo tanto, se recomienda utilizar, siempre que sea posible, relaciones raíz/tallo derivadas empíricamente para una región o tipo de vegetación. El Cuadro 6.1 proporciona las relaciones raíz/tallo por defecto (de toda la vegetación) para los ecosistemas de los pastizales en las principales zonas climáticas del mundo (zonas climáticas del IPCC tomadas del Anexo 3A.5). Estos valores pueden tomarse por defecto si los países no tienen más información específica para desarrollar las relaciones específicas del país. Las relaciones para bosque/sabana y arbustales también se incluyen para que las utilicen los países que incluyen estas tierras en la sección de pastizales de sus inventarios.

Categoría de uso de la tierra	Tipo de vegetación	Zona climática del IPCC aproximada <sup>1</sup>	R biomasa subterránea (ton d.m. para biomasa aérea) <sup>-1</sup>	n	Error <sup>2</sup>
<b>Pastizales</b>	Pastizales estepa/tundra/pradera	Boreal – Seco & Húmedo Templado frío – Húmedo Templado cálido – Húmedo	4,0	7	± 150%
	Pastizal semiárido	Templado frío – Seco Templado cálido – Seco Tropical – Seco	2,8	9	± 95%
	Subtropical/ pastizal tropical	Tropical – Húmedo & muy húmedo	1,6	7	± 130%
<b>Otro</b>	Bosque/sabana		0,5	19	± 80%
	Arbustal		2,8	9	± 144%

<sup>1</sup> La clasificación de los datos fuente se hizo por tipos de bioma y, por lo tanto, la correspondencia con las zonas climáticas del IPCC es aproximada.

<sup>2</sup> Las estimaciones del error se proporcionan con dos veces la desviación estándar, como un porcentaje de la media.



**Nivel 3**

Los métodos de Nivel 3 consisten en utilizar una combinación de modelos dinámicos y medición de inventario de los cambios en las existencias de biomasa. Este método no emplea cambios de existencias simples ni factores de emisión *per se*. Las estimaciones de las emisiones y absorciones utilizando métodos basados en los modelos se derivan de la interacción de ecuaciones múltiples que estiman el cambio neto de las existencias de biomasa dentro de los modelos. Los modelos, conjuntamente con las estimaciones de las existencias basadas en el muestreo periódico, similares a las utilizadas en los inventarios forestales detallados, podrían aplicarse para estimar los cambios de existencias, o las entradas y salidas como en el Nivel 2 para hacer extrapolaciones espaciales de las superficies de pastizales. Por ejemplo, se pueden emplear modelos validados de crecimiento por especies específicas que consideran efectos de la gestión tales como la intensidad del pastoreo, el fuego y la fertilización, con los datos correspondientes sobre las actividades de gestión, para estimar los cambios netos de la biomasa de los pastizales a través del tiempo.

**6.2.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD**

Los datos de la actividad consisten en las superficies de los *Pastizales que permanecen como tales* resumidas según principales tipos de pastizales, prácticas de gestión y regímenes de perturbaciones. Las superficies totales de pastizales deben determinarse de acuerdo con los Métodos establecidos en el Capítulo 3 y deben ser coherentes con las declaradas en otras secciones de este capítulo, y en particular en las secciones de C del suelo y en DOM de los *Pastizales que permanecen como tales*. La evaluación de los cambios en la biomasa se facilita considerablemente si esta información puede utilizarse conjuntamente con los datos nacionales sobre suelos y clima, inventarios de vegetación y otros datos biofísicos.

**6.2.1.4 PASOS DE CÁLCULO PARA LOS NIVELES 1 Y 2**

*Lo que sigue resume los pasos para estimar los cambios en las existencias de carbono en la biomasa ( $\Delta C_B$ )*

**Nivel 1**

Una vez que los países deciden aplicar un método de Nivel 1, no es necesario realizar ningún trabajo posterior, puesto que se supone que el ecosistema se encuentra en régimen constante, donde no se espera que se produzcan cambios en las existencias de carbono. Por lo tanto, no hay hoja de trabajo para la biomasa.

**Nivel 2 (Método de ganancias y pérdidas – Ecuación 2.7 del Capítulo 2)**

**Paso 1:** determinar las categorías de pastizales a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. Las categorías consisten en las definiciones del tipo de pastizales (p. ej., estratificados por zonas climáticas y colección de especies) y el estado o la gestión de este tipo [p. ej., «pradera de hierbas altas degradada» (Estados Unidos, Canadá), o «campo limpio de pastoreo» (Brasil)]. Los datos de superficie deben obtenerse empleando los métodos descritos en el Capítulo 3.

**Paso 2:** determinar el incremento de biomasa y la pérdida de biomasa leñosa (utilizando las Ecuaciones 2.9 y 2.11), para cada estrato y utilizar éstas para estimar el cambio neto de la biomasa (utilizando la ecuación 2.7). Si sólo existen datos de la biomasa aérea, los países pueden utilizar los factores de expansión de las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar la proporción de la biomasa subterránea. Multiplicar el cambio de la biomasa por el contenido de carbono de la biomasa seca. El valor por defecto es 0,50 ton de C por tonelada de biomasa (peso en seco). Un método de Nivel 2 puede utilizar los factores de expansión por defecto proporcionados en el Cuadro 6.1 para estimar la biomasa a subterránea si los factores específicos del país no están disponibles.

**Paso 3:** determinar el incremento de biomasa promedio y la pérdida de biomasa herbácea y utilizar estos datos para estimar el cambio neto de la biomasa utilizando la Ecuación 2.7. Puede crearse un método basado en las Ecuaciones 2.9 y 2.11 para la biomasa herbácea. Si sólo existen datos de la biomasa aérea, los países pueden utilizar los factores de expansión de las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar la proporción de la biomasa subterránea. Multiplicar el cambio de la biomasa por el contenido de carbono de la biomasa seca. El valor por defecto es 0,47 ton de C por tonelada de biomasa (peso en seco). Este valor por defecto se diferencia del de la *GPG-LULUCF* (IPCC, 2003), pero es más realista para la biomasa herbácea. Un método de Nivel 3 requiere factores de expansión específicos del país o del ecosistema. Un método de Nivel 2 puede utilizar los factores de expansión por defecto proporcionados en el Cuadro 6.1 para estimar la biomasa subterránea si los factores específicos del país no están disponibles.

**Paso 4:** si el incremento y la pérdida fueron calculados en base a superficies, estimar el cambio total de las existencias de carbono de la biomasa para cada categoría multiplicando la superficie representativa de cada categoría por el cambio neto de la biomasa de esa categoría. De lo contrario, proceder con el paso 5.

**Paso 5:** estimar el cambio neto total de las existencias de carbono en la biomasa sumando los cambios netos en la biomasa herbácea y en la biomasa leñosa perenne.

## **Nivel 2 (Método de diferencia de existencias – Ecuación 2.8 del Capítulo 2)**

**Paso 1:** el mismo que para el Método de ganancias y pérdidas (véase lo citado precedentemente).

**Paso 2:** determinar el intervalo temporal del inventario, la biomasa leñosa promedio en el inventario inicial ( $t_1$ ) y la biomasa leñosa promedio en el inventario final ( $t_2$ ). Utilizar estos valores para estimar el cambio neto anual de la biomasa leñosa (Ecuación 2.8). Si sólo existen datos de la biomasa aérea, los países pueden utilizar los factores de expansión de las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea (R) para estimar la proporción de la biomasa subterránea. Multiplicar el cambio de la biomasa por el contenido de carbono de la biomasa seca. El valor por defecto es 0,50 ton de C por tonelada de biomasa (peso en seco). Un método de Nivel 3 requiere factores de expansión específicos del país o del ecosistema. Un método de Nivel 2 puede utilizar los factores de expansión por defecto proporcionados en el Cuadro 6.1 para estimar la biomasa subterránea o los factores de expansión específicos del país o del ecosistema si están disponibles. Observar que los valores R del Cuadro 6.1 son los valores R del ecosistema completo. Por lo tanto, para utilizar estos valores, debe sumar primero la biomasa aérea herbácea y la biomasa leñosa y después multiplicar por R para obtener el valor de la biomasa subterránea.

**Paso 3:** determinar el intervalo temporal del inventario, la biomasa herbácea promedio en el inventario inicial ( $C_{t1}$ ) y la biomasa herbácea promedio en el inventario final ( $C_{t2}$ ). Utilizar estos valores, y el intervalo temporal del inventario, para estimar el cambio neto anual de la biomasa herbácea (Ecuación 2.8). Si sólo existen datos de la biomasa aérea, los países pueden utilizar los factores de expansión de las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar la proporción de la biomasa subterránea. Multiplicar el cambio de la biomasa por el contenido de carbono de la biomasa seca. El valor por defecto es 0,47 ton de C por tonelada de biomasa (peso en seco). Este valor por defecto se diferencia del de la *GPG-LULUCF* (IPCC, 2003), pero es más realista para la biomasa herbácea. Un método de Nivel 3 requiere factores de expansión específicos del país o del ecosistema. Un método de Nivel 2 puede utilizar los factores de expansión por defecto proporcionados en el Cuadro 6.1 para estimar la biomasa subterránea si los factores específicos del país no están disponibles.

**Paso 4:** estimar el cambio total de las existencias de carbono en la biomasa para cada categoría utilizando la Ecuación 2.8.

**Paso 5:** estimar el cambio neto total de las existencias de carbono en la biomasa sumando los cambios netos en la biomasa herbácea y en la biomasa leñosa perenne.

### **6.2.1.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE**

Esta sección aborda las incertidumbres específicas de la fuente pertinentes para las estimaciones de C de la biomasa hechas en los *Pastizales que permanecen como tales*. En los inventarios de C existen dos fuentes de incertidumbre: 1) incertidumbres en los datos de la actividad de uso y gestión de la tierra y del medio ambiente; 2) incertidumbres en el incremento y la pérdida del carbono, las existencias de carbono y los términos de los factores de expansión en los factores de cambio/emisión de existencias para los métodos de Nivel 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. Por lo general, la precisión de un inventario se incrementa y los intervalos de confianza son más estrechos cuando hay más intensidad de muestreo para estimar los valores para cada categoría, mientras que es más factible que se reduzca el sesgo (es decir, que mejore la exactitud) a través del desarrollo de un inventario de Nivel superior en el que se incluya información específica del país. Se deben calcular las estimaciones de error (es decir, desviaciones estándar, errores estándar, o rangos) para cada uno de los términos definidos por país empleados en una evaluación básica de incertidumbre.

Las incertidumbres en los datos sobre uso y gestión de la tierra serán determinadas por el compilador del inventario y, posteriormente, combinadas con las incertidumbres de los factores por defecto y las existencias de C de referencia empleando un método apropiado, como las ecuaciones simples de propagación de error. 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. Constituye una *buena práctica* evaluar las dependencias entre factores, existencias de C de referencia o datos de la actividad de gestión o 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. Se pueden combinar incertidumbres en los factores de cambio de existencias o de emisión, existencias de C de referencia y datos de la actividad empleando métodos como las ecuaciones simples de propagación de errores o procedimientos de Monte Carlo para estimar medias y

desviaciones estándar para los cambios en las existencias de C de la biomasa (Ogle *et al.*, 2003; Vanden Bygaart *et al.*, 2004).

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 aplicación 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 varianza, así como la covarianza, 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 existente entre los resultados medidos y los modelizados (Falloon y Smith, 2003). En contraste con la modelización, las incertidumbres de los inventarios en base a mediciones de Nivel 3 pueden estimarse a partir de la varianza de las muestras, de errores en la medición y de otras fuentes de incertidumbre pertinentes.

### **Incertidumbres del factor de expansión**

Las estimaciones de la incertidumbre por defecto proporcionadas en el Cuadro 6.1 pueden utilizarse para la incertidumbre expresada para los factores de expansión de la biomasa subterránea. Las incertidumbres asociadas con los factores de expansión para el contenido de carbono de la biomasa leñosa y herbácea son relativamente pequeñas, y son del orden del 2 al 6 por ciento. Para las estimaciones de los Niveles 2 y 3, se utilizan los valores específicos del país o los derivados regionalmente. Estas existencias de C de referencia y factores de cambio de existencias pueden tener incertidumbres inherentes elevadas, particularmente sesgos, cuando se apliquen a países específicos. Los valores por defecto representan valores promedio del uso de la tierra y de los impactos de la gestión o de las existencias de C de referencia, que pueden diferenciarse de los valores específicos del sitio. Es una *buena práctica* que los países determinen las incertidumbres de sus factores por defecto para la biomasa aérea y subterránea.

### **Incertidumbres en los datos de la actividad**

Los datos de superficie y las estimaciones de incertidumbre deben obtenerse empleando los métodos del Capítulo 3. Con los métodos de los Niveles 2 y 3 también se pueden emplear datos de la actividad de mayor resolución, como las estimaciones de superficie para distintas regiones climáticas o para los sistemas de gestión de pastizales dentro de las fronteras nacionales. Los datos de mayor resolución reducen los niveles de incertidumbre cuando se asocian con los factores de acumulación del carbono definidos por aquellas bases de datos de tierras de escala más precisa. Si se emplean estadísticas agregadas de superficies de uso de la tierra para los datos de la actividad (p. ej., datos de la FAO), puede que el organismo a cargo del inventario deba aplicar un nivel de incertidumbre por defecto para las estimaciones de la superficie territorial ( $\pm 50\%$ ). No obstante, constituye una *buena práctica* que el compilador del inventario derive las incertidumbres de los datos de la actividad específicos del país en lugar de utilizar un nivel por defecto. Para los Niveles 2 y 3, utilizar datos de la actividad con mayor resolución (tales como las estimaciones de superficie para diferentes regiones climáticas o para sistemas de gestión de pastizales dentro de las fronteras nacionales) reduce los niveles de incertidumbre si todos los parámetros necesarios de acumulación/pérdida de carbono están apropiadamente estratificados. Las incertidumbres en las estadísticas de actividad de uso de la tierra pueden reducirse mediante un mejor sistema nacional como, por ejemplo, desarrollar o ampliar un sondeo basado en el terreno con un mayor número de puntos de muestreo y/o incorporar la detección remota para lograr una cobertura adicional. Es una *buena práctica* diseñar un sistema de clasificación que considere la mayor parte de la actividad de uso y gestión de la tierra con un tamaño de muestra suficientemente amplio para minimizar la incertidumbre a escala nacional.

## **6.2.2 Materia orgánica muerta**

Los métodos para estimar los cambios en las existencias de carbono asociados con los depósitos de materia orgánica muerta (DOM) se proporcionan para dos tipos de depósitos de materia orgánica muerta: 1) madera muerta y 2) hojarasca. En el Capítulo 1 de este informe se encuentran definiciones detalladas de estos depósitos.

Los de madera muerta son depósitos diversos difíciles de medir en el campo y con incertidumbres asociadas respecto a las tasas de transferencia a hojarasca, suelo o emisiones a la atmósfera. Las cantidades de madera muerta dependen del momento en el que se produjo la última perturbación, de la cantidad de entrada (mortalidad) en el momento de la perturbación, de las tasas de mortalidad natural, de las tasas de descomposición y de la gestión.

La acumulación de hojarasca está en función de la cantidad anual de caída de hojarasca, que incluye todas las hojas, los brotes y las ramitas, frutas, flores y corteza, menos la tasa anual de descomposición de estas entradas. La masa de hojarasca también se ve influenciada por el tiempo transcurrido desde la última perturbación y por el

tipo de perturbación. Las prácticas de gestión también alteran las propiedades de la hojarasca, pero hay pocos estudios que documenten claramente los efectos de la gestión sobre el carbono de la hojarasca.

### 6.2.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

La estimación de los cambios en las existencias de carbono en DOM requiere una estimación de los cambios de las existencias de madera muerta y hojarasca (véase la Ecuación 2.17 del Capítulo 2). El árbol de decisiones de la Figura 1.2 del Capítulo 1 ayuda en la selección del nivel de método apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación.

Los depósitos de materia muerta y hojarasca se tratan por separado, pero el método para estimar los cambios en cada depósito es el mismo.

#### Nivel 1

En los métodos de Nivel 1, se supone que la materia muerta y los depósitos de hojarasca están en el equilibrio, de modo que no es necesario estimar los cambios en las existencias de carbono para estos depósitos. Por lo tanto, no se proporciona una hoja de cálculo para DOM en los *Pastizales que permanecen como tales*. Se alienta a los países que experimentan cambios significativos en los tipos de pastizales, perturbaciones o regímenes de gestión en sus pastizales a que desarrollen información nacional para cuantificar este impacto y declararlo según las metodologías de los Niveles 2 o 3.

#### Niveles 2 y 3

Los Niveles 2 y 3 permiten calcular los cambios en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca debidos a prácticas de gestión. Se sugieren dos métodos para la estimación de los cambios en las existencias de carbono en DOM.

**Método de ganancias y pérdidas** (Ecuación 2.18 del Capítulo 2): Este método implica estimar la superficie de categorías de gestión de pastizales y el promedio anual de transferencia hacia y desde las existencias de madera muerta y hojarasca. Esto requiere: (i) una estimación de la superficie bajo *Pastizales que permanecen como tales* según los diferentes tipos de clima, zonas ecológicas o tipos de pastizales, régimen de perturbación, régimen de gestión u otros factores que afecten significativamente los depósitos de carbono en madera muerta y hojarasca; (ii) la cantidad de biomasa transferida hacia y desde las existencias de madera muerta y hojarasca, y (iii) la cantidad de biomasa transferida de las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea y según los diferentes tipos de pastizales.

**Método de diferencia de existencias** (véase la Ecuación 2.19 del Capítulo 2): Este método implica estimar la superficie de pastizales y las existencias de madera muerta y hojarasca en dos momentos dados,  $t_1$  y  $t_2$ . Los cambios ocurridos en las existencias de madera muerta y hojarasca en el año de inventario se calculan dividiendo los cambios en las existencias por el período (años) transcurrido entre dos mediciones. El método de diferencia de existencias se puede aplicar en los países en los que se realizan inventarios periódicos de los pastizales. Este método puede no ser muy apropiado en las regiones con climas muy variables y puede producir resultados espurios, a menos que se lleven a cabo inventarios anuales. Este método es más apropiado para los países que adoptan los métodos de Nivel 3. Los métodos de Nivel 3 se emplean en los países que cuentan con factores de emisión específicos del país y con datos considerables a nivel nacional. La metodología definida para el país puede basarse en inventarios detallados de parcelas de muestreo permanente de sus tierras de cultivo y/o en modelos.

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

**Fracción de carbono:** la fracción de carbono de la madera muerta y la hojarasca es variable y depende de la etapa de descomposición. La madera es mucho menos variable que la hojarasca y se puede utilizar un valor de  $0,5 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$  para la fracción de carbono. Los valores de fracción de carbono para la hojarasca en los pastizales varían entre 0,05 y 0,50 (Naeth *et al.*, 1991; Kauffman *et al.*, 1997). Si no hay datos disponibles específicos del país o del ecosistema, se sugiere que se utilice un valor de fracción de carbono de 0,40.

#### Nivel 1

No es necesario estimar los factores de emisión/absorción, puesto que en el Nivel 1 se supone que las existencias de carbono en DOM son estables en todos los *Pastizales que permanecen como tales*.

#### Nivel 2

Es una *buena práctica* utilizar datos DOM de nivel nacional para diferentes categorías de pastizales, en combinación con valores por defecto, si no se dispone de valores nacionales o regionales respecto a algunas categorías de pastizal. Los valores específicos del país de transferencia de carbono de árboles vivos y hierbas a residuos de cosecha y las tasas de descomposición, en el caso del Método de ganancias y pérdidas o el cambio

neto en los depósitos de DOM, en el caso del Método de diferencia de existencias, se pueden derivar de los factores de expansión nacionales, teniendo en cuenta el tipo de pastizal, la tasa de utilización de la biomasa, las prácticas de cosecha, y la cantidad de vegetación deteriorada durante las operaciones de cosecha. Los valores específicos del país en cuanto a regímenes de perturbaciones deben derivarse de estudios científicos.

### Nivel 3

En cuanto al Nivel 3, los países deberán desarrollar sus propias metodologías y los factores de emisión necesarios para estimar los cambios en la DOM. Estas metodologías pueden derivarse de los dos métodos especificados precedentemente, o pueden basarse en otros métodos. El método utilizado debe documentarse claramente.

Las estimaciones de carbono en DOM desagregado a nivel nacional deben determinarse como parte del inventario nacional de pastizales, de modelos de nivel nacional o de un programa de inventarios específico de gases de efecto invernadero, con muestreos periódicos según los principios establecidos en el Capítulo 3, Anexo 3A.3. Los datos del inventario pueden acompañarse de estudios de modelización para capturar la dinámica de todos los depósitos de carbono de los pastizales.

Los métodos del Nivel 3 permiten obtener estimaciones con mayor certidumbre que los métodos inferiores y se caracterizan por una mejor relación entre los distintos depósitos de carbono. Algunos países han desarrollado matrices de perturbación (véase el Cuadro 2.1 del Capítulo 2) que dan como resultado una pauta de re-atribución de carbono entre los distintos depósitos para cada tipo de perturbación. Otros parámetros importantes en la modelización del balance de carbono en DOM son las tasas de descomposición, que pueden variar según el tipo de madera y las condiciones del microclima, y los procedimientos de preparación de la tierra (p. ej., corta y quema controladas, o quema de pilas).

### 6.2.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad consisten en las superficies de los *Pastizales que permanecen como tales* resumidas según principales tipos de pastizales, prácticas de gestión y regímenes de perturbaciones. El total de la superficie de Tierras forestales debe ser coherente con lo declarado en otras secciones de este capítulo y, en particular, en la sección de biomasa de *Pastizales que permanecen como tales*. La evaluación de los cambios en la materia orgánica muerta se facilita considerablemente si se puede utilizar esta información conjuntamente con los datos nacionales sobre suelos y clima, inventarios de vegetación y otros datos geofísicos. Las estimaciones de superficie deben obtenerse empleando los métodos descritos en el Capítulo 3.

### 6.2.2.4 PASOS DE CÁLCULO PARA LOS NIVELES 1 Y 2

*A continuación, se resumen los pasos para estimar cambios en las existencias de carbono en DOM:*

#### Nivel 1

Una vez que se decide efectuar la declaración de esta categoría aplicando un método de Nivel 1, no es necesario realizar ningún trabajo posterior, puesto que se supone que el ecosistema se encuentra en régimen constante, donde no se espera que se produzcan cambios en las existencias de carbono de la madera muerta o la hojarasca.

#### Método 2 (Método de ganancias y pérdidas) – Ecuación 2.18 del Capítulo 2

Cada uno de los depósitos de DOM (madera muerta y hojarasca) debe tratarse por separado, pero el método para cada depósito es el mismo.

**Paso 1:** determinar las categorías de pastizales a utilizar en esta evaluación y la superficie representativa.

**Paso 2:** determinar las tasas de entrada y salida de la madera muerta y hojarasca de los respectivos depósitos. Identificar los valores, a partir de inventarios o estudios científicos, de las entradas y salidas promedio de madera muerta u hojarasca para cada categoría. No existen factores por defecto para las entradas y salidas de estos depósitos, de modo que los países deben utilizar los datos disponibles localmente. Calcular el cambio neto de los depósitos de DOM restando las salidas de las entradas. Los valores negativos indican una disminución neta de las existencias.

**Paso 3:** determinar el cambio neto en las existencias de DOM para cada categoría restando las salidas de las entradas. Convertir el cambio neto de las existencias de biomasa DOM para cada categoría multiplicando por la fracción de carbono. Las fracciones de carbono por defecto son de 0,50 ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup> para madera muerta y de 0,40 ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup> para hojarasca. Un método de Nivel 2 requiere factores de tasa de cambio de existencias específicos del país o del ecosistema.

**Paso 4:** estimar el cambio total de los depósitos de carbono en DOM para cada categoría multiplicando la superficie representativa de cada categoría por el cambio neto de las existencias de carbono en DOM para esa categoría.

**Paso 5:** estimar el cambio en total de las existencias de carbono en la madera muerta mediante la suma de los cambios totales en DOM de todas las categorías.

### **Método 2 (Método de diferencia de existencias) – Ecuación 2.19 del Capítulo 2**

Cada uno de los depósitos de DOM debe tratarse por separado, pero el método para cada depósito es el mismo.

**Paso 1:** determinar las categorías de pastizales a utilizar en esta evaluación y la superficie representativa.

**Paso 2:** determinar el cambio neto en las existencias de DOM para cada categoría. A partir de los datos de inventario, identificar el intervalo entre inventarios, las existencias promedio de DOM del inventario inicial ( $t_1$ ) y del inventario final ( $t_2$ ). Utilizar estos valores para estimar el cambio anual neto de las existencias de DOM, restando las existencias de DOM en  $t_1$  de las existencias de DOM en  $t_2$  y dividiendo la diferencia por el intervalo temporal (Ecuación 2.19). Un valor negativo indica una disminución de las existencias de DOM.

**Paso 3:** determinar el cambio neto en las existencias de carbono en DOM para cada categoría. Determinar el cambio neto de las existencias de carbono en DOM multiplicando el cambio neto de las existencias de DOM para cada categoría por la fracción de carbono de DOM. Un método de Nivel 2 requiere factores de expansión específicos del país o del ecosistema.

**Pasos 4 y 5:** Los mismos que para el Método de ganancias y pérdidas.

## **6.2.2.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE**

Esta sección considera las incertidumbres específicas de la fuente pertinentes para las estimaciones de la DOM hechas en los *Pastizales que permanecen como tales*. En los inventarios de C existen dos fuentes de incertidumbre: 1) incertidumbres en los datos de la actividad de uso y gestión de la tierra y del medio ambiente; 2) incertidumbres en el incremento y la pérdida del carbono, las existencias de carbono y los términos de los factores de expansión en los factores de cambio/emisión de existencias para los métodos de Nivel 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 las mediciones de Nivel 3. Por lo general, la precisión de un inventario se incrementa y los intervalos de confianza son más estrechos cuando hay más intensidad de muestreo para estimar los valores para cada categoría, mientras que es más factible que se reduzca el sesgo (es decir, que se mejore la exactitud) a través del desarrollo de un inventario de Nivel superior que incluya información específica del país. Se deben calcular las estimaciones de error (es decir, desviaciones estándar, errores estándar, o rangos) para cada uno de los términos definidos por país empleados en una evaluación básica de incertidumbre.

Las incertidumbres en los datos sobre uso y gestión de la tierra deben ser determinadas por el compilador del inventario y, posteriormente, combinadas con las incertidumbres de los factores por defecto y las existencias de C de referencia empleando un método apropiado, como las ecuaciones simples de propagación de error. 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. 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. Se pueden combinar incertidumbres en los factores de cambio de existencias o de emisión, existencias de C de referencia y datos de la actividad empleando métodos como las simples ecuaciones de propagación de errores o procedimientos de Monte Carlo para estimar las medias y las desviaciones estándar para los cambios en las existencias de la DOM (Ogle *et al.*, 2003; Vanden Bygaart *et al.*, 2004).

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 Carlos (Smith y Heath, 2001), pero puede resultar difícil su aplicación 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 varianza, así como la covarianza, 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 existente entre los resultados medidos y los modelizados (Falloon y Smith, 2003). En contraste con la modelización, las incertidumbres de los inventarios en base a mediciones de Nivel 3 pueden estimarse directamente a partir de la varianza de las muestras, de errores en la medición y de otras fuentes de incertidumbre pertinentes.

### **Incertidumbres del factor de emisión/absorción**

No es necesario realizar un análisis de incertidumbre para el Nivel 1, puesto que se supone por defecto que no hay cambios en las existencias de carbono de la DOM. Para las estimaciones de los Niveles 2 y 3, se utilizarán los valores específicos del país o los derivados regionalmente. Estas existencias de C de referencia y factores de cambio de existencias pueden tener incertidumbres inherentes elevadas, particularmente sesgos, cuando se apliquen a países específicos. Los valores por defecto representan valores promedio del uso de la tierra y de los impactos de la gestión o de las existencias de C de referencia que pueden diferenciarse de los valores específicos del sitio. Es una *buena práctica* que los países determinen las incertidumbres de sus factores por defecto para la madera muerta y la hojarasca.

### **Incertidumbres en los datos de la actividad**

Los datos de la superficie y las estimaciones de la incertidumbre deben obtenerse utilizando los métodos expuestos en el Capítulo 3. Si se utilizan estadísticas agregadas de la superficie de uso de la tierra para los datos de la actividad (p. ej., datos de la FAO), el organismo a cargo del inventario puede tener que aplicar un nivel por defecto de incertidumbre para las estimaciones de la superficie de la tierra ( $\pm 50\%$ ). No obstante, constituye una *buena práctica* para el compilador del inventario derivar las incertidumbres de datos de la actividad específicos del país en lugar de utilizar un nivel por defecto. Para los Niveles 2 y 3, utilizar datos de la actividad con mayor resolución (tales como las estimaciones de superficie para diferentes regiones climáticas o para sistemas de gestión de pastizales dentro de las fronteras nacionales) reduce los niveles de incertidumbre si todos los parámetros necesarios de acumulación/pérdida de carbono están apropiadamente estratificados. Las incertidumbres en las estadísticas de actividad de uso de la tierra pueden reducirse mediante un mejor sistema nacional como, por ejemplo, desarrollando o ampliando un sondeo basado en el terreno con un mayor número de puntos de muestreo y/o incorporando la detección remota para lograr una cobertura adicional. Es una *buena práctica* diseñar un sistema de clasificación que considere la mayor parte de la actividad en uso y gestión del suelo con un tamaño de muestra suficientemente amplio para minimizar la incertidumbre a escala nacional.

## **6.2.3 Carbono del suelo**

Esta sección trata del impacto de la gestión de los pastizales en las existencias del C orgánico del suelo, principalmente debido a la influencia en las entradas de C en el suelo, y por lo tanto en la reserva de C del suelo, al afectar la producción primaria neta, la renovación de raíces, y el reparto de C entre las raíces y los tallos. Las existencias de C en el suelo de los pastizales están influenciadas por el fuego, la intensidad de pastoreo, la gestión de los fertilizantes, el encalado, el riego, el re-sembro de especies de hierba más o menos productivas y césped mezcladas con legumbres que fijen N (Conant *et al.*, 2001; Follett *et al.*, 2001; Ogle *et al.*, 2004). Además, el drenaje de suelos orgánicos para la gestión de pastizales provoca pérdidas del C orgánico del suelo (Armentano y Menges, 1986).

*Se suministran información general y orientación sobre cómo estimar cambios en las existencias de C del suelo en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2 (incluyendo ecuaciones) y esa sección debe leerse antes de continuar el análisis de las directrices específicas referidas a las existencias de C del suelo en pastizales.* Los cambios totales de las existencias de C del suelo en pastizales 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 (si se estima en el Nivel 3). En esta sección se brinda orientación específica para estimar las existencias de C orgánico del suelo. Hay un análisis general en la Sección 2.3.3.1 sobre el C inorgánico del suelo y aquí no se brinda información adicional sobre este tema.

A fin de contabilizar los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con *Pastizales que permanecen como tales*, los países deben contar, como mínimo, con estimaciones de la superficie de los pastizales al comienzo y al final del período de inventario. Si los datos sobre uso y gestión de la tierra son limitados, se pueden emplear datos agregados, como las estadísticas de la FAO sobre pastizales, como punto de partida, así como conocimiento experto sobre la distribución aproximada de los sistemas de gestión de la tierra (p. ej., sistemas de pastoreo/pastizal degradado, nominal y mejorado). Las clases de gestión de los pastizales deben estratificarse 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 con superposiciones de uso de la tierra sobre mapas climáticos y de suelos apropiados.

### **6.2.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO**

Los inventarios pueden desarrollarse empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3, en los que cada uno de los sucesivos Niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. También es posible que haya países que utilicen diferentes niveles para preparar las estimaciones de cada subcategoría en particular de C del suelo (es

decir, 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). En la Sección 2.3.3.1 del 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**

Para los suelos minerales, el método de estimación se basa en los cambios en las existencias del C orgánico del suelo en un periodo de tiempo finito a consecuencia de cambios en la gestión que tienen su impacto sobre la reserva de C orgánico del suelo. Después de un periodo de transición finito, se puede suponer un régimen constante para estas existencias. Se utiliza la Ecuación 2.25 (Capítulo 2) para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo en suelos minerales, restando las existencias de C del año pasado de un período de inventario ( $SOC_0$ ) de las existencias de C al comienzo del período de inventario ( $SOC_{(0 - T)}$ ) y dividiendo por la dependencia temporal de los factores de cambio de existencias (D). Nótese que las superficies de roca firme en los pastizales no se incluyen en el cálculo de las existencias de C del suelo (se supone una existencia 0). En la práctica, se deben conseguir datos específicos del país de la actividad y gestión de los pastizales y clasificarlos por sistemas de gestión de la tierra apropiados, y luego estratificados por las regiones climáticas y tipos de suelo del IPCC. Las existencias de C orgánico del suelo (SOC) se estiman para cada intervalo temporal del inventario empleando existencias de carbono de referencia por defecto ( $SOC_{ref}$ ) y factores de cambio de existencias por defecto ( $F_{LU}$ ,  $F_{MG}$ ,  $F_I$ ).

#### **Nivel 2**

En el método de Nivel 2 para suelos minerales también se utiliza la Ecuación 2.25 (Capítulo 2), pero el método de inventario se desarrolla posteriormente con la información específica del país para especificar mejor los factores de cambio de existencias, las existencias de C de referencia, las regiones climáticas, los tipos de suelos, y/o el sistema de clasificación de gestión de la tierra.

#### **Nivel 3**

En los métodos de Nivel 3, no se emplea el factor de cambio de existencias simple *per se*, sino modelos dinámicos y/o mediciones detalladas del inventario de C en el suelo, como bases para estimar los cambios en las existencias anuales.

Las estimaciones de los cambios en las existencias a través de métodos basados en modelos se calculan a partir de las ecuaciones acopladas que estiman el cambio neto de las existencias de carbono del suelo. Existe una amplia variedad de modelos diseñados para simular la dinámica del carbono del suelo (por ejemplo, véanse las revisiones de McGill *et al.*, 1996; Smith *et al.*, 1997). Los criterios clave para seleccionar un modelo apropiado incluyen su capacidad para representar todas las prácticas y todos los sistemas de gestión pertinentes que correspondan a pastizales; las entradas del modelo (es decir, variables motrices) son compatibles con la disponibilidad de datos de entrada de todo el país, y el modelo representa suficientemente los cambios en las existencias basados en las comparaciones con los datos experimentales.

Se puede desarrollar un método de Nivel 3 utilizando un enfoque basado en mediciones en el que se muestrea periódicamente una red de monitorización para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo. En contraste con una red asociada con la validación del modelo, resulta necesaria una densidad mucho mayor de sitios de comparación para representar adecuadamente la combinación de sistemas de uso y gestión de la tierra, clima y tipos de suelos. Se suministra orientación adicional en la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

### **Suelos orgánicos**

#### **Nivel 1**

Se utiliza la Ecuación 2.26 (Capítulo 2) para estimar los cambios en las existencias de C en suelos orgánicos de pastizales gestionados (p. ej., derivadas de turba, Histosoles). La metodología consiste en estratificar los suelos orgánicos gestionados por región climática y asignar una tasa de emisión anual específica por clima. Las superficies de tierra se multiplican por el factor de emisión y, posteriormente, se suman para derivar las emisiones de C anuales. Los pastizales naturales que pueden utilizarse para el pastoreo estacional pero que no han sido drenados artificialmente no deben incluirse en esta categoría.

#### **Nivel 2**

El método de Nivel 2 también utiliza la Ecuación 2.26 (Capítulo 2), pero se incorpora información específica del país para especificar mejor los factores de emisión, las regiones climáticas, y/o el sistema de clasificación de gestión de la tierra.

#### **Nivel 3**

En los métodos de Nivel 3 para suelos orgánicos se utilizan modelos dinámicos y/o redes de medición (véase la sección *Suelos Minerales* anterior para ver un análisis adicional de los suelos minerales).





### **6.2.3.2 ELECCIÓN DEL FACTOR DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN**

#### ***Suelos minerales***

##### **Nivel 1**

En el Cuadro 6.2 se proporcionan los factores de cambio de existencias por defecto para el método de Nivel 1, el cual incluye los valores para el uso de la tierra ( $F_{LU}$ ), el factor de entrada ( $F_I$ ), y el factor de gestión ( $F_{MG}$ ). El método y los estudios utilizados para derivar los factores por defecto de cambio de existencias se proporcionan en el Anexo 6A.1. La dependencia en el tiempo ( $D$ ) es de 20 años para los factores de cambio de existencias por defecto en los pastizales, y representa la influencia de la gestión a una profundidad de 30 cm. Las existencias de C orgánico del suelo de referencia por defecto se encuentran en el Cuadro 2.3 del Capítulo 2. Las estimaciones de las existencias de referencia son para los 30 cm superiores del perfil del suelo, para que sea coherente con el incremento de profundidad para los factores de cambio de existencias por defecto.

##### **Nivel 2**

La estimación de los factores de cambio de existencias específicos del país es un importante avance para mejorar un inventario que puede desarrollarse con un método de Nivel 2. Las derivaciones del factor de gestión ( $F_{MG}$ ) y del factor de entrada ( $F_I$ ) se basan en comparaciones experimentales con pastizales gestionados nominalmente y con aportes medios, porque se considera que estas clases son prácticas nominales en el esquema de clasificación por defecto del IPCC para sistemas de gestión (véase Elección de los datos de la actividad). Es una *buena práctica* derivar valores para esquemas más detallados de clasificación de gestión, clima y tipos de suelo, si hay diferencias significativas en los factores de cambio de existencias entre categorías más exactas, sobre la base de un análisis empírico. En un método de Nivel 2, las existencias de C de referencia también se derivan de los datos específicos del país. Se suministra orientación adicional en la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

##### **Nivel 3**

Es menos factible que los factores constantes de tasa de cambio de existencias *per se* se estimen a favor de tasas variables que reproduzcan con más 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).

**CUADRO 6.2**  
**FACTORES RELATIVOS DE CAMBIO DE EXISTENCIAS PARA LA GESTIÓN DE LOS PASTIZALES**

Factor	Nivel	Régimen climático	Valor por defecto	Error <sup>1,2</sup>	Definición
Uso de la tierra (F <sub>LU</sub> )	Todas	Todas	1,0	ND	A todos los pastizales permanentes se les asigna un factor de uso de la tierra de 1.
Gestión (F <sub>MG</sub> )	Gestionado nominalmente (no degradado)	Todas	1,0	ND	Representa al pastizal no degradado y gestionado sosteniblemente, pero sin mejoras significativas en la gestión.
Gestión (F <sub>MG</sub> )	Pastizal moderadamente degradado	Templado / boreal	0,95	± 13%	Representa al pastizal con pastoreo excesivo o moderadamente degradado, con la productividad reducida de algún modo (relativo al pastizal nativo o gestionado nominalmente) y que no recibe entradas de gestión.
		Tropical	0,97	± 11%	
		Tropical montano <sup>4</sup>	0,96	± 40%	
Gestión (F <sub>MG</sub> )	Severamente degradados	Todas	0,7	± 40%	Implica una pérdida importante a largo plazo de la productividad y de la cobertura vegetal, debida al deterioro mecánico severo de la vegetación y/o a la erosión severa de suelo.
Gestión (F <sub>MG</sub> )	Pastizal mejorado	Templado / boreal	1,14	± 11%	Representa al pastizal gestionando sosteniblemente, con pastoreo moderado y que recibe al menos una mejora (p. ej., fertilización, mejora de especies o riego).
		Tropical	1,17	± 9%	
		Tropical montano <sup>4</sup>	1,16	± 40%	
Entradas (aplicadas sólo al pastizal)	Medio	Todas	1,0	ND	Se aplica al pastizal mejorado donde no se han utilizado entradas adicionales de gestión.
Entradas (aplicadas sólo al pastizal mejorado) (F <sub>1</sub> )	Alto	Todas	1,11	± 7%	Se aplica al pastizal mejorado en el que se han utilizado una o más entradas/mejoras de gestión adicionales (más de lo que se necesita para ser clasificado como pastizal mejorado).

<sup>1</sup> ± dos desviaciones estándar, expresadas como porcentaje de la media; cuando no se disponga de suficientes estudios para realizar un análisis estadístico para derivar un valor por defecto, se supone un ±40% de error sobre la base de la opinión de expertos. NA significa «No Aplicable» para los valores del factor que constituyen los valores de referencia o prácticas nominales para las entradas o clases de gestión.

<sup>2</sup> Este rango de errores no incluye el potencial error sistemático debido a tamaños pequeños de muestras que pueden no ser representativos del verdadero impacto para todas las regiones del mundo.

<sup>3</sup> No había suficientes estudios como para estimar los factores de cambio de existencias para los suelos minerales en la región climática tropical montana. Como aproximación, se utilizaron los cambios de existencias promedio entre las regiones templada y tropical para efectuar un cálculo aproximado de los cambios de existencias en el clima tropical montano.

Nota: Véase el Anexo 6A.1 para una estimación de los factores de cambio de existencias por defecto para las emisiones/absorciones de C en suelos minerales de pastizales.

## Suelos orgánicos

### Nivel 1

Para el método de Nivel 1, se proporcionan en el Cuadro 6.3, los factores de emisión por defecto para la estimación de la pérdida de C relacionada con el drenaje de suelos orgánicos.

### Nivel 2

En un enfoque de Nivel 2, los factores de emisión se derivan de datos experimentales específicos del país. Es una *buena práctica* que los factores de emisión se deriven para categorías específicas de gestión de la tierra de pastizales en suelos orgánicos y/o mediante una clasificación más pormenorizada de regiones climáticas, suponiendo que las nuevas categorías capturan diferencias significativas en tasas de pérdida de C. Se presenta un mayor análisis en la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

### Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de emisión *per se* se estimen a favor de tasas variables que reproduzcan con más 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).

**CUADRO 6.3**  
**FACTORES DE EMISIÓN (EF) ANUALES PARA SUELOS ORGÁNICOS DRENADOS DE PASTIZALES**

<b>Régimen climático de temperatura</b>	<b>Valor por defecto del IPCC (ton C há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)</b>	<b>Error <sup>1</sup></b>
Boreal/Templado frío	0,25	± 90%
Templado cálido	2,5	± 90%
Tropicales/Subtropicales	5,0	± 90%

<sup>1</sup> Representa una estimación nominal del error, equivalente a dos veces la desviación estándar, como porcentaje de la media. Estos valores representan un cuarto de la pérdida de las tierras de cultivo drenadas (véase el Cuadro 5.6 del Capítulo 5), que es aproximadamente la pérdida proporcional de C en el pastizal drenado relativa a las tierras de cultivo, según los datos presentados en Armentano y Menges (1986). Estos valores tienen un grado de incertidumbre como se refleja en la columna del error.

### 6.2.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

#### *Suelos minerales*

##### **Nivel 1**

Los sistemas de pastizales se clasifican según las prácticas que influyen sobre la permanencia del C en el suelo. En general, a las prácticas que se sabe que incrementan la entrada de C en el suelo y, por lo tanto, las existencias del C orgánico del suelo, tales como el riego, la fertilización, el encalado, los abonos orgánicos o las variedades de hierba más productivas, se les da la categoría de mejoradas, con entradas medias o altas según el nivel de mejora. A las prácticas que disminuyen la entrada de C y la reserva del C orgánico del suelo, tales como el pastoreo intensivo a largo plazo, se les da la categoría de degradadas, en relación con las tierras de pastura sembradas y gestionadas nominalmente o los pastizales nativos que no están mejorados ni degradados. Estas prácticas se utilizan para categorizar los sistemas de gestión y para, posteriormente, estimar los cambios en las existencias de C en el suelo orgánico. En la Figura 6.1, se proporciona un sistema de clasificación que es la base para un inventario de Nivel 1. Los compiladores del inventario deben utilizar esta clasificación para categorizar los sistemas de gestión de manera coherente con los factores de cambio de existencias por defecto del Nivel 1. Esta clasificación puede desarrollarse aun más para los métodos de los Niveles 2 y 3.

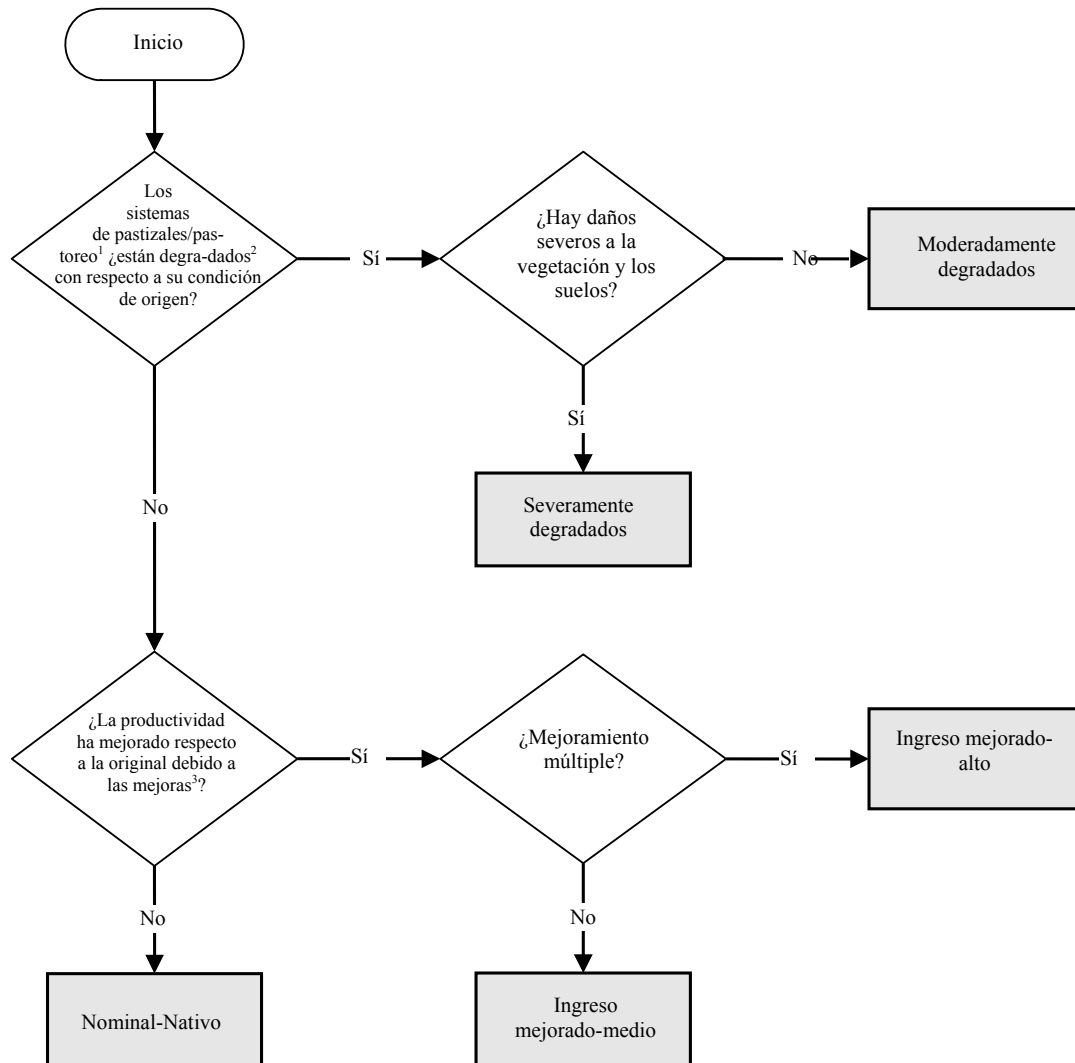
Los principales tipos de datos de la actividad del uso de la tierra incluyen: i) estadísticas agregadas (Método 1), ii) datos con información explícita sobre conversiones en el uso de la tierra pero sin referencias geográficas específicas (Método 2), o iii) datos con información explícita sobre conversiones de uso de la tierra y referencias geográficas explícitas (Método 3), como inventarios de uso y gestión de la tierra basados en puntos que constituyan una muestra de base estadística de la superficie territorial de un país. (véase el Capítulo 3 para un análisis de estos Métodos). Como mínimo, las estadísticas de que se dispone a nivel mundial sobre uso de la tierra, como las bases de datos de la FAO ([http://www.fao.org/waicent/portal/glossary\\_en.asp](http://www.fao.org/waicent/portal/glossary_en.asp)), ofrecen compilaciones anuales de toda la superficie territorial según los principales tipos de usos de la tierra. Esto constituye un ejemplo de datos agregados (Método 1).

Los datos de la actividad de gestión complementan los de uso de la tierra y brindan información para clasificar los sistemas de gestión, tales como las tasas de existencias, el uso de fertilizantes, la irrigación, etc. Estos datos también pueden ser estadísticas agregadas (Método 1) o brindar información sobre cambios de gestión explícitos (Método 2 o 3). Cuando resulte posible, es una *buena práctica* asignar a las superficies de pastizales las actividades generales de gestión apropiadas (esto es, degradada, nativa o mejorada) o las actividades de gestión específicas (p. ej., fertilización o intensidad de pastoreo). Los mapas de degradación del suelo pueden ser una fuente de información útil para la estratificación de los pastizales, según la gestión (p. ej., Conant y Paustian, 2002; McKeon *et al.*, 2004). El conocimiento experto es otra fuente de información para las prácticas de gestión. Es una *buena práctica* solicitar conocimiento experto, donde sea apropiado, empleando los métodos provistos en el Volumen 1, Capítulo 2 (Anexo 2A.1, Protocolo para solicitud del dictamen de expertos).

Los inventarios nacionales de uso de la tierra y recursos, basados en repetidos sondeos de las mismas zonas, constituyen datos de la actividad recabados mediante los Métodos 2 o 3, y tienen ciertas ventajas sobre las estadísticas agregadas de uso de la tierra y gestión de pastizales (Método 1). Los datos de series temporales pueden asociarse más fácilmente con un sistema de gestión de pastizales en particular y el tipo de suelo asociado con un lugar en particular se puede determinar mediante muestreo o buscando referencias del lugar en un mapa de suelos apropiado. Los puntos del inventario que se seleccionan sobre la base de un diseño estadístico apropiado también permiten lograr estimaciones de la variabilidad asociada con los datos de la actividad, lo que

puede emplearse como parte de un análisis formal de la incertidumbre. Un ejemplo de un sondeo realizado usando el Método 3 es el Inventario de Recursos Naturales de los Estados Unidos (Nusser y Goebel, 1997).

**Figura 6.1** Esquema de clasificación para sistemas de pastizales/pastoreo. A fin de clasificar los sistemas de gestión de los pastizales, el compilador del inventario deberá comenzar por la parte superior e ir siguiendo el diagrama respondiendo a las preguntas (moviéndose por las ramas si la respuesta es afirmativa) hasta llegar a un punto terminal del diagrama. El diagrama de clasificación es coherente con los factores de cambio de existencias por defecto del Cuadro 6.2.



Nota:

1: Incluye pasturas continuas, cultivo de heno y tierras de pastoreo.

2: La degradación se equipara con el ingreso de C al suelo respecto a las condiciones de origen, lo que puede estar provocado por pastoreo intensivo de largo plazo o por plantación de especies menos productivas que las de la vegetación original.

3: La productividad se refiere explícitamente a la entrada de C al suelo (mejoras en la gestión que incrementan la entrada; p. ej., fertilización, abono orgánico, irrigación, plantación de variedades más productivas, encalado, y siembra de legumbres).

Los datos de la actividad requieren información adicional del país a fin de estratificar las zonas por clima y por tipo de suelo. Si esta información aún no se ha compilado, un método inicial sería superponer mapas disponibles de cobertura/uso de la tierra (de origen nacional o de conjuntos de datos mundiales como el IGBP DIS) con mapas de suelo y clima de origen nacional o de fuentes internacionales, como los Mapas del Suelos del Mundo de la FAO y datos climáticos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. En el Anexo 3A.5 del Capítulo 3 se ofrece una descripción detallada de los esquemas de clasificación de clima y suelos por defecto. La clasificación de los suelos se basa en su descripción taxonómica y en datos de textura, mientras que la de las regiones climáticas se basa en los valores medios anuales de temperatura y precipitaciones, elevación, heladas, y potencial evapotranspiración.

### Nivel 2

Es factible que los métodos de Nivel 2 incluyan una estratificación más detallada de los sistemas de gestión que los del Nivel 1 (Figura 6.1) si se dispone de suficientes datos. Esto puede incluir más subdivisiones de los sistemas de pastizales (es decir, moderadamente degradados, severamente degradados, nominal y mejorados) y de las clases de entradas (entrada media y alta). Es una *buena práctica* subdividir aun más las clases sobre la base de datos empíricos que demuestren diferencias significativas en la permanencia de C orgánico en el suelo entre las categorías propuestas. Además, los métodos de Nivel 2 pueden incluir una estratificación más refinada de las regiones climáticas y los tipos de suelos.

### 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 dependen del diseño del modelo o de la medición.

## *Suelos orgánicos*

### Nivel 1

En contraposición con el método para suelos minerales, los pastizales en suelos orgánicos no se clasifican por sistemas de gestión, bajo la hipótesis de que el drenaje estimula la oxidación de la materia orgánica en aproximadamente la misma tasa después de la exposición a condiciones aeróbicas, independientemente del sistema de gestión. No obstante, a fin de aplicar el método descrito en la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2), los pastizales gestionados deben estratificarse por regiones climáticas y tipos de suelo (véase el Anexo 3A.5 del Capítulo 3 para tener una orientación sobre las clasificaciones de suelos y climas).

Se pueden emplear bases de datos y métodos similares a los señalados para *Suelos minerales* en la sección del Nivel 1 para derivar estimaciones de superficie. La superficie de tierra con suelos orgánicos que se gestionan para pastizales, puede determinarse empleando una superposición de un mapa de uso de la tierra sobre mapas de climas y suelos. Se pueden utilizar datos específicos del país sobre proyectos de drenaje combinados con mapas de suelos y sondeos, para obtener una estimación más refinada de las superficies pertinentes de pastizales gestionados en suelos orgánicos.

### Nivel 2

Los métodos del Nivel 2 pueden incluir una estratificación de los sistemas de gestión si se dispone de datos suficientes. Esto podría incluir una división de los sistemas de pastizales por clases de drenaje, por ejemplo. Los métodos de Nivel 2 pueden incluir también una estratificación más refinada de las regiones climáticas.

### Nivel 3

Es probable que los métodos del Nivel 3 para suelos orgánicos incluyan datos más detallados sobre clima, topografía y 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.

## 6.2.3.4 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 *Pastizales que permanecen como tales* son los siguientes:

**Paso 1:** organizar los datos por períodos de inventario sobre la base de los años en los que se recabaron los datos de la actividad (p. ej., 1990 y 1995, 1995 y 2000, etc.)

**Paso 2:** determinar el uso y la gestión del suelo por tipo de suelo mineral y región climática 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 3:** 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 los valores de existencias de referencia entre sectores.

**Paso 4:** 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 representen el sistema de uso y gestión de la tierra presente al comienzo del periodo de inventario. Los valores de  $F_{LU}$ ,  $F_{MG}$  y  $F_I$  se encuentran en el Cuadro 6.2.

**Paso 5:** multiplicar estos valores por las existencias de C del suelo de referencia para estimar las existencias «iniciales» de C orgánico del suelo ( $SOC_{(0-T)}$ ) durante el período del inventario.

**Paso 6:** 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 ingreso que representen las condiciones del último año de inventario (año 0).

**Paso 7:** estimar el cambio promedio anual en existencias de C en el suelo para la zona durante el período de inventario, ( $\Delta C_{CC_{Minerales}}$ ).

**Paso 8:** repetir los Pasos 1 a 6 si hay períodos de inventario adicionales (p. ej., 1990 a 1995, 2001 a 2010, etc.).

A continuación se proporciona un ejemplo para calcular un cambio en las existencias del C orgánico del suelo utilizando la Ecuación 2.25 (Capítulo 2), los factores de cambio de las existencias por defecto y las existencias de C de referencia.

**Ejemplo:** En el siguiente ejemplo se muestran los cálculos para superficies agregadas de cambios de existencias de carbono en pastizales a una profundidad de 30 cm. En suelos Ultisol, en un clima tropical húmedo, hay 1 MHá de pastizal permanente. Las existencias de carbono de referencia nativas ( $SOC_{ref}$ ) para el clima/tipo de suelo son de 47 ton C há<sup>-1</sup>. Al inicio del período del inventario (1990 en este ejemplo), la distribución de los sistemas de pastizales era de 500 000 há de pastizal nativo no gestionado, 400 000 há de tierras de pastura no mejoradas moderadamente degradadas; y 100 000 há de pastizal muy degradado. Por lo tanto, las existencias iniciales de carbono del suelo eran: 500 000 há • (47 ton C há<sup>-1</sup> • 1 • 1 • 1) + 400 000 há • (47 ton C há<sup>-1</sup> • 1 • 0,97 • 1) + 100 000 há • (47 ton C há<sup>-1</sup> • 1 • 0,7 • 1) = 45 026 000 toneladas de C. En el último año del periodo de inventario (2010 en este ejemplo), hay: 300 000 há de pastizal nativo no gestionado, 300 000 há de tierras de pastura no mejoradas moderadamente degradadas; 200 000 há de pastizal muy degradado; 100 000 há de tierras de pastura mejoradas que reciben fertilizante; y 100 000 há de tierras de pastura altamente mejoradas que reciben fertilizante y riego. Entonces, el total de existencias de carbono en el suelo en el año del inventario será: 300 000 há • (47 ton C há<sup>-1</sup> • 1 • 1 • 1) + 300 000 há • (47 ton C há<sup>-1</sup> • 1 • 0,97 • 1) + 200 000 há • (47 ton C há<sup>-1</sup> • 1 • 0,7 • 1) + 100 000 há • (47 ton C há<sup>-1</sup> • 1 • 1,17 • 1) + 100 000 há • (47 ton C há<sup>-1</sup> • 1 • 1,17 • 1,11) = 45 959 890 toneladas de C. El cambio en las existencias anuales promedio durante el período para toda la superficie será: 45 959 890 – 45 026 000 = 933 890 ton/20 años = 46 694,5 ton de incremento de las existencias de C por año. (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 estimar la pérdida de C del suelo en suelos orgánicos drenados son los siguientes:

**Paso 1:** organizar los datos por períodos de inventario sobre la base de los años en los que se recabaron los datos de la actividad (p. ej., 1990 y 1995, 1995 y 2000, etc.).

**Paso 2:** determinar la cantidad de *Pastizales que permanecen como tales* sobre suelos orgánicos drenados durante el último año de cada período de inventario.

**Paso 3:** asignar el factor de emisión apropiado (EF) para las pérdidas anuales de CO<sub>2</sub> en base al régimen climático de temperatura (del Cuadro 5.6).

**Paso 4:** estimar las emisiones totales acumulando el producto de la zona (A) multiplicada por el factor de emisión (EF) para todas las zonas climáticas.

**Paso 5:** repetir para períodos de inventario adicionales.

### 6.2.3.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Existen 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 sobre el medio ambiente; 2) incertidumbres con referencia a las existencias de C del 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. Por lo general, la precisión de un inventario se incrementa y los intervalos de confianza son menores cuando hay más muestreo para estimar los valores de las tres categorías más amplias, mientras que es más factible que se reduzca el sesgo (es decir, que mejore la exactitud) a través del 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, los factores de emisión para suelos orgánicos del Cuadro 6.3 y los factores de cambio de existencias del Cuadro 6.2. Las incertidumbres en los datos sobre uso y gestión de la tierra se determinan por el compilador del inventario y, posteriormente, se combinan con las incertidumbres de los factores por defecto y las existencias de C por defecto (suelos minerales solamente) empleando un método apropiado, como simples ecuaciones de propagación de error. Si se emplean estadísticas agregadas de superficies de uso de la tierra para los datos de la actividad (p. ej., datos de la FAO), puede que el organismo a cargo del inventario deba aplicar un nivel de incertidumbre por defecto para las estimaciones de la superficie territorial ( $\pm 50\%$ ). No obstante, constituye una *buena práctica* que el compilador del inventario derive las incertidumbres a partir de los datos de la actividad específicos del país en lugar de utilizar un nivel por defecto.

Las existencias de C de referencia y los factores de cambio de existencias para suelos minerales y los factores de emisión para suelos orgánicos por defecto pueden contener incertidumbres inherentes altas, particularmente sesgos, cuando se las aplica a países específicos. Los valores por defecto representan valores de uso de la tierra e impactos de gestión o a 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). Los sesgos se pueden reducir derivando factores específicos del país empleando el método de Nivel 2 o desarrollando un sistema de estimación específico del país de Nivel 3. La base subyacente en los métodos de Nivel superior será la de experimentos realizados 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 para declarar los cambios en las 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, por ejemplo, desarrollando o ampliando un sondeo basado en el terreno con un mayor número de puntos de muestreo y/o incorporando la detección remota para lograr una cobertura adicional. Es una *buena práctica* diseñar una clasificación en la que se considere la mayor parte de las actividades de uso y gestión del suelo con un tamaño de muestra 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 los factores, existencias de C de referencia o datos de la actividad de gestión. 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. Se pueden combinar las incertidumbres en los factores de cambio de existencias o de emisión, existencias de C de referencia y datos de la actividad empleando métodos como las simples ecuaciones de propagación de errores o procedimientos de Monte Carlo para estimar medias y desviaciones estándar para los cambios en las existencias de C del suelo (Ogle *et al.*, 2003; Vanden Bygaart *et al.*, 2004).

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 Carlos (Smith y Heath, 2001), pero puede resultar difícil su aplicación 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 varianza, así como la covarianza, 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 existente entre los resultados medidos y los modelizados (Falloon y Smith, 2003). En contraste con la modelización, las incertidumbres de los inventarios en base a mediciones de Nivel 3 pueden estimarse a partir de la varianza de las muestras, de errores estimados en la medición y de otras fuentes de incertidumbre pertinentes.

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

Las emisiones de no CO<sub>2</sub> del quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales* resultan predominantemente del «quemado de la sabana», que se produce principalmente en las regiones tropicales y subtropicales. Sin embargo, las formaciones cubiertas de hierba y leñosas en cualquier parte del mundo también pueden estar sometidas al fuego, principalmente como resultado de las prácticas de gestión, y las emisiones de no CO<sub>2</sub> resultantes también deben declararse.

No se declaran las emisiones de CO<sub>2</sub> del quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales*, puesto que están muy equilibradas con el CO<sub>2</sub> que se reincorpora a la biomasa a través de la actividad fotosintética en un periodo que varía desde semanas hasta unos pocos años después del quemado.

Deben declararse las emisiones de no CO<sub>2</sub> (en particular CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>) que resulten de la combustión incompleta de la biomasa en los pastizales gestionados, independientemente de su naturaleza (fuego natural o antropogénico). La cantidad de biomasa quemada en un incendio cualquiera puede variar de una región a otra tanto como varía estacionalmente. La eficiencia de la combustión y la fracción correspondiente de la biomasa que se convierte en gases de efecto invernadero no-CO<sub>2</sub> puede también variar.

Los países deben declarar las emisiones de no CO<sub>2</sub> del quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales* utilizando los datos anuales en lugar de los datos de la actividad promedio en un periodo determinado. Esto permite generar informes para detectar las fluctuaciones interanuales debidas a fenómenos climáticos (tales como El Niño), o la variabilidad climática natural (años inusualmente secos, en los que las perturbaciones debidas al fuego pueden ser más frecuentes). Normalmente, las estimaciones son muy inciertas debido a la falta de datos fiables y exactos sobre la masa de combustible disponible para combustión y sobre la combustión y los factores de emisión.

El método general para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero en *Pastizales que permanecen como tales* se describe en la Ecuación 2.27 del Capítulo 2. Las emisiones del quemado de biomasa deben estimarse a partir de la biomasa aérea y los depósitos de DOM. Se supone que, con el quemado, la biomasa subterránea permanece constante después de la perturbación, o se transfiere al depósito del suelo. Los valores por defecto para el método de Nivel 1 o los componentes del método de Nivel 2 se proporcionan en la Sección 2.4 del Capítulo 2.

### 6.2.4.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 2.6 del Capítulo 2 ofrece ayuda para la selección del nivel de método apropiado para declarar las emisiones de no CO<sub>2</sub> procedentes del quemado de biomasa. Si el quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales* no es una categoría principal, los países pueden optar por declarar las emisiones de no CO<sub>2</sub> utilizando un método de Nivel 1, el cual está basado en datos muy agregados y en los factores de combustión y emisión por defecto. Sin embargo, si el quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales* es una categoría principal, los países deben esforzarse por mejorar sus métodos de inventario y declaración aplicando el Nivel más alto posible, dentro de las circunstancias nacionales.

#### Nivel 1

Debe aplicarse la Ecuación 2.27 si se elige declarar bajo un método de Nivel 1. El Nivel 1 está basado en datos muy agregados y en los factores de combustión y emisión por defecto. Si los datos sobre la *Masa de combustible disponible para la combustión* ( $M_B$ ) no están disponibles, los países deben utilizar los datos por defecto del Cuadro 2.4 del Capítulo 2 para la masa de combustible consumida. Sin embargo, puesto que los datos de este cuadro se proporcionan por tipos de vegetación y subcategorías, los países que apliquen estos datos por defecto deben estratificar la superficie de los *Pastizales que permanecen como tales* en su territorio, antes de elegir el valor apropiado por defecto (o los valores) a aplicar.

#### Nivel 2

El nivel 2 amplía el Nivel 1 al incluir estimaciones de superficie más desagregadas (por tipos de vegetación, subcategorías) y estimaciones específicas del país de los factores de combustión y emisión para cada estrato. La

superficie quemada puede estimarse utilizando datos de detección remota de la resolución espacial y temporal adecuada analizados según un robusto diseño de muestreo. La periodicidad de la adquisición de datos es clave, especialmente en los trópicos, donde el quemado tiene lugar en una época del año concreta que puede extenderse varios meses. Es importante, cuando se estima el área quemada, capturar su variación mes a mes.

### Nivel 3

El método de Nivel 3 debe estar basado en modelos con algoritmos para generar mapas a escala regional de la superficie quemada utilizando datos satelitales de fuentes múltiples y con una resolución espacial moderada. Los resultados deben validarse utilizando datos con alta resolución espacial ampliados con las observaciones de campo, y refinados basándose en los resultados de validación y en la respuesta de los usuarios operativos. Puede diseñarse un método de muestreo para generar estimaciones del área quemada. Los países deben estratificar, en la medida de lo posible, las superficies de *Pastizales que permanecen como tales* y los factores de combustión y emisión correspondientes. El método de Nivel 3 debe proporcionar estimaciones (flujos) del impacto del quemado de biomasa en todos los depósitos, incluida la biomasa subterránea.

## 6.2.4.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

### Nivel 1

Según un método de Nivel 1, los valores por defecto se proporcionan para los factores de combustión [fracción de combustible (biomasa aérea, hojarasca y madera muerta) consumida] en el Cuadro 2.6 del Capítulo 2; y para los factores de emisión en el Cuadro 2.5 del Capítulo 2, para cada gas de efecto invernadero no CO<sub>2</sub>. Las estimaciones de la biomasa aérea en las sabanas se proporcionan en el Cuadro 6.4. El valor del Cuadro 2.4 debe utilizarse como la «fracción de combustible realmente quemado» de la Ecuación 2.27 del Capítulo 2. Aún cuando los datos de Nivel 1 estén normalmente muy agregados, los países deben buscar estratificar la superficie del pastizal afectado por el quemado de biomasa, por tipos más amplios de vegetación (arbustales, bosques de la sabana, pastizales de la sabana), así como según el periodo del quemado (estación seca temprana, estación seca media/tardía). Si los pastizales están estratificados por tipo de vegetación y subcategoría (por ejemplo, parques de la sabana, bosques de la sabana), los países pueden utilizar los valores por defecto del consumo de biomasa proporcionados en el Cuadro 2.4 del Capítulo 2, que presenta las estimaciones del producto entre el combustible disponible y la fracción de biomasa realmente quemada (equivalente al producto de las cantidades que  $M_B$  y  $C$  en la Ecuación 2.27 del Capítulo 2).

### Nivel 2

Los países que utilicen un método de Nivel 2 deben utilizar los factores de combustión y emisión específicos del país desarrollados para cada tipo de pastizal amplio (arbustales, bosques de la sabana, pastizales de la sabana) y subcategorías (si son aplicables).

### Nivel 3

Los países que utilicen un método de Nivel 3 deben desarrollar algoritmos para estimar la superficie quemada, validar los productos obtenidos con los datos de la observación de campo y con las consultas de los usuarios del producto.

## 6.2.4.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

### Nivel 1

Para un método de Nivel 1, el único dato de la actividad necesario es la superficie afectada por el quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales*. Si no se dispone de datos nacionales sobre las superficies quemadas, pueden utilizarse los datos de los mapas de incendios mundiales. Sin embargo, nótese que cualquier producto de incendio mundial sólo representa una fracción del total de incendios que se producen tanto en el tiempo como en el espacio, debido a las limitaciones inherentes a los sensores de los satélites, que son las fuentes de los datos de los mapas mundiales. Como alternativa, los países pueden estimar también la superficie anual quemada multiplicando la superficie de los pastizales del territorio por la fracción anual estimada de pastizales quemados, y prorratear la superficie estimada entre *Pastizales que permanecen como tales* y *Pastizales convertidos en otros usos de la tierra*.

### Nivel 2

Este método amplía el Nivel 1 incorporando más datos desagregados sobre las superficies afectadas por el quemado de biomasa. Las superficies de pastizales deben estratificarse de acuerdo con los diferentes tipos de vegetación (arbustales, pastizales de la sabana, bosques de la sabana, etc.) y por subcategorías. Deben llevarse a cabo estimaciones nacionales de la superficie quemada. En ausencia de datos nacionales fiables, los países pueden confiar en los mapas mundiales de incendios, pero deben esforzarse en evaluar el muestreo particular que subyace a la producción de estos mapas de incendios, sobre todo, si el muestreo en particular que se observa se ve afectado por cualquier sesgo sistemático o no sistemático. Para estimar la superficie total quemada, deben

utilizarse fuentes de datos diferentes, que en general tienen diferentes estrategias de muestreo. Además, la superficie quemada debe compararse con las superficies quemadas que poseen conjuntos de datos de validación.

### Nivel 3

El Nivel 3 exige datos de la actividad de alta resolución desagregados a nivel subnacional a escalas de grillas más finas. A igual que para el Nivel 2, las superficies de pastizales deben estratificarse por tipos de vegetación específicos y subcategorías para que puedan utilizarse en los modelos. Si es posible, se utilizan estimaciones de superficie espacialmente explícitas a fin de facilitar una cobertura completa de los pastizales, y garantizar que las superficies no se sobreestimen ni se subestimen. Además, las estimaciones de superficie espacialmente explícitas pueden relacionarse con las tasas de emisión y combustión localmente pertinentes, lo cual mejora la exactitud de las estimaciones. El uso de modelos basados en procesos debe proporcionar una estimación más exacta de la superficie si los resultados se validan con las mediciones de campo. Con fines de validación, es necesario que las mediciones sean suficientemente representativas.

#### 6.2.4.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Hay varias fuentes de incertidumbre relacionadas con las estimaciones de las emisiones no CO<sub>2</sub> del quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales*. Por ejemplo, las sabanas incluyen un mosaico heterogéneo de pastos, arbustos, matorrales de espinos y bosques abiertos. El comportamiento del fuego varía considerablemente, y por lo tanto, la desagregación de las formaciones vegetales conduce a una mayor precisión.

La fracción de combustible que se quema realmente durante el quemado de la biomasa (factor de combustión) varía en gran medida, no sólo entre los ecosistemas, sino también entre los incendios, entre los años, y en función de las prácticas culturales. Las mediciones de un incendio dado, año y/o configuración cultural no pueden extrapolarse de manera fiable a otras regiones o años, o a la escala de bioma (Robinson, 1989).

Una de las causas principales de la incertidumbre en la estimación de la contribución del quemado de biomasa a las emisiones de gases traza es la extensión de superficie quemada, la intensidad del incendio, y la tasa de propagación, en especial en los ecosistemas tropicales (Seiler y Crutzen, 1980; Matson y Ojima, 1990; Robinson, 1989). La precisión de las estimaciones varía en gran medida, y depende esencialmente de la exactitud de las estimaciones de la superficie quemada, de la proporción de combustible oxidado disponible, y del combustible de biomasa disponible. Las incertidumbres de las estimaciones de las superficies quemadas pueden variar mucho según la metodología empleada – por ejemplo, si se utiliza la detección remota de alta resolución éstas pueden ser del orden del 20%, mientras que del uso de mapas mundiales de incendios pueden resultar incertidumbres de hasta el doble. Es probable que las incertidumbres en las estimaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero de grandes regiones de un incendio sean de al menos el 50%, incluso con datos aceptables específicos del país; y de menos del doble si sólo se utilizan los datos por defecto.

## 6.3 TIERRAS CONVERTIDAS EN PASTIZALES (LG, DEL INGLÉS *LAND CONVERTED TO GRASSLAND*)

Las *Tierras convertidas en pastizales* incluyen las Tierras forestales u otras categorías de uso de la tierra convertidas en Pastizales en los últimos 20 años. Elaborar un inventario de gases de efecto invernadero para los *Tierras convertidas en pastizales* (LG) implica estimar 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>. Las principales fuentes de emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero de esta categoría están asociadas con el cambio de uso de la tierra y la gestión.

Las implicancias en el carbono de la conversión de otros usos de la tierra (principalmente Tierras forestales, Tierras de cultivo y, en menor grado, Humedales y rara vez Asentamientos) en Pastizales son menos definidas que el caso de la conversión en Tierras de cultivo. La bibliografía del principal tipo de conversión (de las Tierras forestales en Pastizales en los trópicos) aporta pruebas de las ganancias netas así como de las pérdidas netas en el carbono del suelo, y el efecto de la gestión sobre los cambios en el carbono del suelo de los pastizales después de la conversión es clave (véase, por ejemplo, Veldkamp, 2001) así como las existencias antes de la conversión. De la conversión en Pastizales de las tierras en estado natural y de las tierras procedentes de otros usos pueden resultar emisiones netas o absorciones netas de CO<sub>2</sub> tanto en la biomasa como en el suelo. El proceso de conversión puede también dar como resultado emisiones debidas al quemado de biomasa.

El árbol de decisiones de la Figura 1.3 (Capítulo 1) ayuda en la selección del nivel de método apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación para las *Tierras convertidas en pastizales*.

### 6.3.1 Biomasa

Esta sección proporciona las directrices para estimar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa debidos a la conversión de tierras no gestionadas en pastizales gestionados, así como la conversión de otros usos de la tierra en pastizales, incluyendo las *Tierras forestales convertidas en pastizales* y las Tierras de cultivo convertidas en tierras de pastura y en tierras de pastoreo. Los cambios en las existencias de carbono de la biomasa debidos a la conversión en pastizales son el resultado de la eliminación de la vegetación existente y su sustitución por vegetación de pastizal. Esto difiere de los conceptos que subyacen en los cambios en las existencias de carbono en la biomasa de los *Pastizales que permanecen como tales*, donde los cambios están ligados con las prácticas de gestión.

La conversión de la tierra tiene a menudo como resultado la transferencia de carbono de un depósito a otro. Deben contabilizarse todas las transferencias y, cuando se declaren las tierras convertidas en pastizales, deben contabilizarse las ganancias y pérdidas de estos depósitos durante la transición a un nuevo régimen constante. Por ejemplo, cuando se convierte un bosque en tierra de pastura, se talan los árboles y una parte de la biomasa aérea se transfiere al depósito de materia orgánica muerta, una parte de la biomasa subterránea se transfiere al depósito de materia orgánica del suelo, etc.

Estimar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa para tierras convertidas en pastizales requiere un método de dos fases. Hay a menudo un cambio abrupto en la biomasa relacionado con el cambio en el uso de la tierra, en particular cuando el cambio es deliberado y relacionado con las operaciones de preparación del terreno (p. ej., desbroce y quemado). Este cambio abrupto se trata como la Fase 1, y se estima al año de la conversión. La segunda fase (Fase 2) da cuenta de las pérdidas y ganancias graduales de biomasa durante un período de transición a un nuevo sistema de régimen constante. En cierto momento, el ecosistema de pastizales debe alcanzar un equilibrio, momento en el cual se lo puede considerar como *Pastizales que permanecen como tales* y contabilizarse bajo esa categoría. Para permanecer en la categoría de transición, el período por defecto después de la conversión es de 20 años; pero los países pueden determinar el período de transición que consideren apropiado. Los valores de los coeficientes que determinan la tasa de emisiones pueden depender del período de transición utilizado.

A fin de considerar el período de transición, las tierras convertidas en pastizales deben tratarse como cohortes anuales. Es decir, las tierras convertidas durante un año dado deben contabilizarse con los métodos de la Fase 1 en el año de la conversión y, con los de la Fase 2, en los 19 años subsiguientes. Al finalizar el período de 20 años, la superficie de tierra de ese año se suma a la contabilizada bajo la categoría *Pastizales que permanecen como tales*.

Es probable que un cierto número de tierras convertidas en pastizales no tenga una transición abrupta (p. ej., las tierras de cultivo que se abandonan y vuelven a ser pastizales). En este caso, no son apropiados los métodos de la Fase 1, y habrá una transición gradual de los depósitos de biomasa hasta alcanzarse un nuevo equilibrio. Cuando sucede de este tipo de conversión, la contabilización global puede tratarse con métodos de la Fase 2.

Es una *buena práctica* prorratear las transferencias de carbono entre los depósitos cuando hay una transición abrupta. Los impactos inmediatos de las actividades de conversión de la tierra sobre las cinco existencias de carbono pueden resumirse en una «matriz de perturbación». En la matriz de perturbación se describen la retención, las transferencias y las liberaciones de carbono de los depósitos del ecosistema original que siguen a la conversión en pastizales. Una matriz de perturbación define, para cada depósito, la proporción que permanece en él y la proporción que se transfiere a otros depósitos. Es posible que se produzca un pequeño número de transferencias, que se muestran en la matriz de perturbación del Cuadro 2.1 del Capítulo 2. Si la tasa de conversión de la tierra es más o menos constante, la hipótesis de que todo el carbón de estos depósitos se perdió en el momento de la conversión sería una primera aproximación razonable. Si la tasa de conversión de la tierra varía a través del tiempo, es una *buena práctica* contabilizar la transferencia y liberación de carbono entre los diferentes depósitos y asegurarse de que se contabilice todo el carbono.

En los casos en los que hay un cambio inmediato y abrupto de las existencias de carbono de la biomasa debido a la conversión en pastizales, se estima el efecto de esta conversión empleando la Ecuación 2.16 del Capítulo 2. Durante el período de transición, los depósitos que ganan o pierden C muestran a menudo una curva no lineal de pérdida o acumulación que se puede representar mediante sucesivas matrices de transición. Si se conocen las formas de las curvas, se las puede aplicar a cada cohorte que está en transición en el año de declaración para estimar la emisión o absorción anual por cada depósito específico. Si no se conoce la forma de la curva, los países pueden simplificar y utilizar una función de descomposición lineal para estimar los cambios en los depósitos. Existen dos métodos para estimar estos cambios.

### 6.3.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 2.2 (Capítulo 2) ayuda en la selección del nivel de método apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación de la biomasa en las *Tierras convertidas en pastizales*. La estimación de los cambios en la biomasa requiere una estimación de los cambios en la vegetación aérea y de los cambios en la biomasa subterránea. Los países deben utilizar el nivel más alto posible dentro de las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* utilizar métodos de Niveles 2 o 3 si las emisiones y absorciones de carbono en las *Tierras convertidas en pastizales* son una categoría principal y si la subcategoría de biomasa se considera significativa basándose en los principios establecidos en el Volumen 1, Capítulo 4.

#### Nivel 1

El cambio en las existencias de carbono de la biomasa en las *Tierras convertidas en Pastizales* según el Nivel 1 debe estimarse utilizando la Ecuación 2.15. Los cambios de existencias de carbono promedio equivalen a los cambios de existencia de carbono debidos a la eliminación de biomasa del uso de la tierra inicial (es decir, el carbono de la biomasa inmediatamente después de la conversión menos el carbono de la biomasa previo a ella), más las existencias de carbono del crecimiento que sigue a la conversión. Como simplificación para el Nivel 1, se supone que se pierde toda la biomasa del ecosistema anterior, justo después de la conversión (Ecuación 2.16), incluso si no hay un cambio abrupto, y se supone que la biomasa residual ( $B_{\text{DESPUÉS}}$ ) es, por lo tanto, cero (es decir, se elimina toda la vegetación de la tierra antes de que se establezca la vegetación del pastizal). Por lo tanto, por ejemplo, no hay transferencia de biomasa desde el depósito de biomasa al depósito de madera muerta. Los valores por defecto para biomasa previos a la conversión pueden encontrarse en los capítulos referidos a los respectivos usos de la tierra (p. ej., los factores por defecto para tierras forestales se encuentran en el capítulo referido a biomasa en tierras forestales).

Además, se supone que los pastizales alcanzan su biomasa de régimen constante durante el primer año posterior a la conversión. Por consiguiente, en el Nivel 1, no hay cambio de existencias asociado con la Fase 2, aunque las tierras convertidas en pastizales deben mantenerse en la categoría de conversión durante un periodo de transición de 20 años, puesto que las existencias del suelo tardan más tiempo en alcanzar el equilibrio. Las emisiones y la captación de la biomasa durante la Fase 2 de los cálculos son, por lo tanto, cero. Si hay cambios significativos en la gestión durante la fase de transición, los países pueden contabilizar el impacto de estos cambios sobre las existencias de C de la biomasa utilizando los métodos de Nivel 2 de los *Pastizales que permanecen como tales*. Es una *buena práctica* contabilizar todas las *Tierras convertidas en pastizales*. Por lo tanto, debe realizarse un cálculo independiente para cada tipo de conversión.

#### Nivel 2

Los cálculos de Nivel 2 se diferencian estructuralmente con los de Nivel 1 en una serie de características. En primer lugar, las estimaciones de Nivel 2 utilizan el método de dos fases descrito anteriormente. El nivel 2 se basa en estimaciones específicas del país de la biomasa durante los usos inicial y final de la tierra, más que en los valores por defecto como se hace en el Nivel 1. Las estimaciones de la superficie para las *Tierras convertidas en pastizales* están desagregadas a unas escalas espaciales de mayor resolución que en el Nivel 1, para así capturar las variaciones regionales dentro de las formaciones de pastizales del país.

En segundo lugar, en el Nivel 2 se puede modificar la hipótesis de que la biomasa sea cero inmediatamente después de la conversión. Esto permite a los países tener en cuenta las transiciones de uso de la tierra en las que se elimina parte, aunque no toda, la vegetación del uso de la tierra original. Además, en el Nivel 2, es posible contabilizar la acumulación de biomasa que sigue al establecimiento de los pastizales en un período de varios años (en lugar de contabilizar todos los cambios en las existencias de biomasa en el año de la conversión) si hay datos disponibles para estimar el tiempo de establecimiento de toda la biomasa y los cambios de existencias anuales.

En tercer lugar, en el Nivel 2, es una *buena práctica* prorratear las transferencias de carbono entre los depósitos. Normalmente, los sistemas de pastizales no contienen una cantidad significativa de carbono en los depósitos de madera muerta u hojarasca, sino que la madera muerta puede permanecer varios años en los pastizales jóvenes que van sustituyendo a los bosques o acumularse en los arbustales como biomasa leñosa vieja. Si la tasa de conversión de la tierra es más o menos constante, la hipótesis de que todo el carbono de estos depósitos se perdió cuando se produjo la conversión sería una primera aproximación razonable. Si la tasa de conversión de la tierra varía a través del tiempo, es apropiado tratar de contabilizar la transferencia y liberación de carbono de la hojarasca, de la madera muerta y de los depósitos de carbono del suelo. Por lo tanto, es necesario distinguir las pérdidas inmediatas debidas a las actividades de conversión de las pérdidas que tienen lugar en los años siguientes a la conversión de la tierra.

El cambio inmediato y abrupto en las existencias de carbono de la biomasa debido a las *Tierras convertidas en pastizales* bajo los Niveles 2 y 3 se estima utilizando la Ecuación 2.16 del Capítulo 2, donde se supone que  $B_{\text{DESPUÉS}}$  es cero. Durante el período de transición, los depósitos que ganan o pierden C tienen a menudo una

curva de pérdida o acumulación no lineal que puede representarse a través de sucesivas matrices de transición. Para el Nivel 2, puede suponerse una función de cambio lineal. En un enfoque de Nivel 3 basado en estos métodos, es una *buena práctica* utilizar las verdaderas formas de las curvas. Estas curvas deben aplicarse a cada cohorte que esté bajo transición durante el año de la declaración, a fin de estimar los cambios anuales de los depósitos de carbono de la biomasa.

Para la estimación de los cambios en el carbono de la biomasa durante la fase de transición, se sugieren dos métodos. Las ecuaciones utilizadas son las mismas que para el Nivel 2 en la sección *Pastizales que permanecen como tales*.

**Método de ganancias y pérdidas** (véase la Ecuación 2.7 del Capítulo 2): este método implica estimar la superficie de cada tipo de conversión de la tierra y el promedio anual de transferencia hacia y desde las existencias de biomasa. Esto requiere: (i) una estimación de la superficie bajo *Tierras convertidas en pastizales* según los diferentes tipos de clima, zonas ecológicas, tipos de pastizales, régimen de perturbación, régimen de gestión u otros factores que afecten significativamente los depósitos de carbono de la biomasa; (ii) la cantidad de biomasa que se acumula en las existencias de biomasa, y (iii) la cantidad de biomasa perdida de las existencias de biomasa por hectárea y según los diferentes tipos de pastizales.

**Método de diferencia de existencias** (véase la Ecuación 2.8 del Capítulo 2): este método implica estimar la superficie de las *Tierras convertidas en pastizales* y las existencias de biomasa en dos momentos dados,  $t_1$  y  $t_2$ . Los cambios ocurridos en las existencias de biomasa en el año del inventario se calculan dividiendo los cambios en las existencias por el período (años) transcurrido entre dos mediciones. Este método de Diferencia de existencias puede aplicarse en los países que tienen inventarios periódicos, y puede ser más apropiado para los países que adoptan los métodos de Nivel 3. Este método puede no ser muy apropiado en las regiones con climas muy variables y puede producir resultados espurios a menos que se lleven a cabo inventarios anuales.

### Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 se emplean en los países que cuentan con factores de emisión específicos del país y con datos sustanciales a nivel nacional. La metodología definida para el país puede basarse en inventarios detallados de parcelas de muestreo permanente de sus tierras de cultivo y/o en modelos. En cuanto al Nivel 3, los países deben desarrollar sus propias metodologías y parámetros para estimar los cambios en la biomasa. Estas metodologías se pueden derivar de los dos métodos especificados antes, o se pueden basar en otros métodos. El método utilizado deberá documentarse claramente.

El Nivel 3 incluye sistemas de inventario que emplean muestreos de la biomasa realizados a través del tiempo sobre la base de estadísticas y/o modelos de procesos, estratificados por clima, tipo de pastizal y regímenes de gestión. Por ejemplo, se pueden emplear modelos validados de crecimiento por especies específicas que consideran los efectos de la gestión tales como la intensidad del pastoreo, el fuego, el encalado y la fertilización, con los datos correspondientes sobre las actividades de gestión, para estimar los cambios netos de la biomasa de los pastizales a través del tiempo. Los modelos, conjuntamente con las estimaciones de la biomasa basadas en el muestreo periódico, similares a los utilizados en los inventarios forestales detallados, podrían aplicarse para estimar los cambios de existencias para hacer extrapolaciones espaciales de las superficies de los pastizales.

Los criterios clave para seleccionar los modelos apropiados incluyen la capacidad de representar todas las conversiones del ecosistema y las prácticas de gestión que figuran en los datos de la actividad. Es fundamental que el modelo sea validado mediante observaciones independientes desde lugares de campo específicos del país o de la región que sean representativos de la variabilidad del clima, de los sistemas de gestión de los pastizales y del suelo del país.

Si es posible, deben utilizarse estimaciones de superficie espacialmente explícitas a fin de facilitar una cobertura completa de los pastizales y asegurarse de que las superficies no se sobreestimen ni se subestimen. Además, las estimaciones de superficie espacialmente explícitas se pueden relacionar con las tasas de acumulación y absorción de carbono localmente pertinentes, así como la repoblación y los impactos de gestión, lo que mejora la exactitud de las estimaciones.

## 6.3.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

### Nivel 1

Los métodos de Nivel 1 requieren estimaciones de la biomasa del uso de la tierra antes y después de la conversión. Se supone que se elimina toda la biomasa cuando se prepara un lugar para utilizarlo como pastizal, por lo tanto, el valor por defecto de la biomasa inmediatamente después de la conversión es de 0 ton  $\text{há}^{-1}$ . Los valores por defecto de la biomasa pueden encontrarse en:

- Tierras forestales antes del desbroce: véase el Capítulo 4 (Tierras forestales);
- Para las tierras de cultivo que contienen cultivos leñosos perennes: véase el capítulo 5 (Tierras de cultivo); y

- Para las Tierras de cultivo que contienen cultivos anuales: Utilice el valor por defecto de 4,7 ton há<sup>-1</sup> de carbono o 10 ton há<sup>-1</sup> de materia seca. El intervalo de error asociado con este valor por defecto es  $\pm 75\%$ .

El Cuadro 6.4 proporciona los valores por defecto para las siguientes conversiones de biomasa; sin embargo, hay una amplia variación dentro de cualquier región debida, en gran medida, a las precipitaciones y a la textura del suelo. Estos valores por defecto tienen tasas de error altas y, por lo tanto, si existen mejores datos específicos del país, los países deben utilizar los mejores datos disponibles a nivel local para estimar la biomasa de los pastizales.

<b>CUADRO 6.4</b>			
<b>EXISTENCIAS DE BIOMASA POR DEFECTO PRESENTES EN LOS PASTIZALES, DESPUÉS DE LA CONVERSIÓN DE OTRO USO DE LA TIERRA</b>			
<b>Zona climática del IPCC</b>	<b>Biomasa<sup>1</sup> aérea máxima (ton d.m. há<sup>-1</sup>)</b>	<b>Biomasa<sup>2</sup> no leñosa total (aérea y subterránea) (ton d.m. há<sup>-1</sup>)</b>	<b>Error<sup>3</sup></b>
Boreal, – Seco y Húmedo <sup>4</sup>	1,7	8,5	$\pm 75\%$
Templado frío – Seco	1,7	6,5	$\pm 75\%$
Templado frío – Húmedo	2,4	13,6	$\pm 75\%$
Templado cálido – Seco	1,6	6,1	$\pm 75\%$
Templado cálido – Húmedo	2,7	13,5	$\pm 75\%$
Tropical – Seco	2,3	8,7	$\pm 75\%$
Tropical – Húmedo y muy húmedo	6,2	16,1	$\pm 75\%$

<sup>1</sup> Los datos para la biomasa en pie se compilan a partir de promedios multi-anales declarados en pastizales registrados en la base de datos de la ORNL DAAC NPP [<http://www.daacsti.ornl.gov/NPP/>].

<sup>2</sup> Los valores de la biomasa total aérea y subterránea están basados en los valores máximos de la biomasa aérea, y los de la relación biomasa subterránea / biomasa aérea (Cuadro 6.1).

<sup>3</sup> Representa una estimación nominal del error, equivalente a dos veces la desviación estándar, como porcentaje de la media.

<sup>4</sup> Debido a que los datos son limitados, se han combinado las zonas secas y húmedas para el régimen de temperatura boreal y las zonas húmedas y muy húmedas para el régimen de temperatura tropical.

## Nivel 2

Es una *buena práctica* utilizar las estimaciones específicas del país para las existencias de biomasa y las emisiones/absorciones debidas a conversión de la tierra, además de incluir estimaciones de pérdidas *in situ* y en otra parte debidas al quemado y descomposición a causa de la conversión de tierras en pastizales. Estas mejoras pueden tomar la forma de estudios sistemáticos sobre el contenido de carbono y las emisiones y absorciones relacionadas con los usos de la tierra y con las conversiones en el uso de la tierra dentro del país o la región y una reevaluación de las hipótesis empleadas por defecto a la luz de las condiciones específicas del país.

En el método de Nivel 2, se necesitan los datos específicos de la región o del país sobre la biomasa en los pastizales jóvenes. Se los puede obtener mediante diversos métodos, incluso la estimación de la densidad (p. ej., cobertura de las copas) de la vegetación leñosa y herbácea a partir de fotos aéreas o de imágenes satelitales de alta resolución y trazados de mediciones sobre el terreno. La composición en especies, la densidad y la relación biomasa aérea/biomasa subterránea pueden variar mucho para diferentes tipos de pastizales y condiciones y por lo tanto, puede resultar más eficaz estratificar el muestreo y las actividades de sondeo por tipos de pastizales. En el Capítulo 3, Anexo 3A.3, se brinda orientación general sobre técnicas de sondeo y muestreo para los inventarios de biomasa.

Cuando las tierras se convierten en pastizales, es necesario capturar con exactitud la dinámica de la biomasa subterránea para contabilizar los cambios en las existencias de carbono. En el caso del abandono de las Tierras de cultivo, la biomasa subterránea incrementa continuamente a medida que tiene lugar la sucesión del ecosistema. En las tierras convertidas de bosques en tierras de pastura, se produce una descomposición gradual de la biomasa forestal subterránea y un incremento gradual de la biomasa subterránea de los pastos. La estimación de la biomasa subterránea puede ser un componente importante de los sondeos de biomasa de los pastizales, pero las mediciones de campo son laboriosas y difíciles y, por ello, a menudo se utilizan los factores de expansión para estimar la biomasa subterránea a partir de la biomasa aérea.

Las relaciones raíz/tallo muestran una amplia variación de valores tanto en especies individuales (p. ej., Anderson *et al.*, 1972) como a escala comunitaria (p. ej., Jackson *et al.*, 1996; Cairns *et al.*, 1997). Por lo tanto, se recomienda utilizar, siempre que sea posible, relaciones raíz/tallo derivadas empíricamente para una región o

tipo de vegetación. El Cuadro 6.1 proporciona las relaciones raíz/tallo por defecto para los principales ecosistemas de pastizales del mundo. Estos datos pueden utilizarse como valores por defecto para desarrollar relaciones específicas del país si los países no tienen información más específica a nivel regional. Las relaciones para bosque/sabana y matorrales también se incluyen para que las utilicen los países que incluyen estas tierras en sus inventarios en la sección de pastizales.

### Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 consisten en utilizar una combinación de modelos dinámicos y mediciones de inventario de los cambios en las existencias de biomasa. Este método no emplea cambios de existencias simples o factores de emisión *per se*. Las estimaciones de las emisiones y absorciones con métodos basados en modelos se derivan de la interacción de ecuaciones múltiples que estiman el cambio neto de las existencias de biomasa dentro de los modelos. Pueden utilizarse modelos, conjuntamente con las estimaciones de las existencias basadas en el muestreo periódico, similares a los utilizados en los inventarios forestales detallados, para estimar los cambios de existencias, o las entradas y salidas (como en el Nivel 2 para hacer extrapolaciones espaciales de las superficies de pastizales). Por ejemplo, se pueden emplear modelos validados de crecimiento por especies específicas que consideran los efectos de la gestión tales como la intensidad del pastoreo, el fuego y la fertilización, con los datos correspondientes sobre las actividades de gestión, para estimar los cambios netos de las existencias de biomasa de los pastizales a través del tiempo.

### 6.3.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Todos los niveles requieren estimaciones de superficie de tierra convertidas en Pastizales. Los mismos datos de superficie deben utilizarse para los cálculos de biomasa, materia orgánica muerta y estimaciones de carbono del suelo. Si es necesario, los datos de superficie utilizados en el análisis de suelos pueden agregarse para que coincidan con la escala espacial requerida para estimaciones de orden inferior de biomasa; no obstante, a niveles superiores, en la estratificación deben tenerse en cuenta los tipos de suelos más importantes. Los datos de superficie deben obtenerse utilizando los métodos descritos en el Capítulo 3. Se deben realizar verificaciones cruzadas para asegurar una representación completa y coherente de las tierras convertidas anualmente, a fin de evitar omisiones o cálculos dobles. Los datos deben desagregarse de acuerdo con las categorías generales de clima y los tipos de pastizales. Los inventarios de Nivel 3 van a requerir información más exhaustiva sobre el establecimiento de nuevos pastizales, con información más refinada sobre las clases de suelos, climas y resolución espacial y temporal. Todos los cambios que se hayan producido durante la cantidad de años seleccionada como período de transición deben incluirse con las transiciones más antiguas que el período de transición (por defecto 20 años) declaradas como subdivisión de las *Pastizales que permanecen como tales*. Los niveles superiores requieren mayor detalle, pero el requisito mínimo para que los inventarios sean coherentes con las *Directrices del IPCC* es que la conversión de las superficies forestales se identifique de forma separada. Esto se debe a que, habitualmente, los bosques tienen una mayor densidad de carbono antes de la conversión. Por lo tanto, se va a necesitar, por lo menos, un conocimiento parcial de la matriz de cambios en el uso de la tierra y, así, donde se utilizan los Métodos 1 y 2 del Capítulo 3 para estimar la superficie de tierra, así como sondeos complementarios para identificar la superficie de tierra que se está convirtiendo de Tierras Forestales en Pastizales. Como se señalara en el Capítulo 3, donde se esté comenzando a realizar sondeos, a menudo va a resultar más exacto establecer directamente las superficies bajo conversión que estimarlas de las diferencias de las superficies totales de tierra bajo ciertos usos en particular en diferentes momentos.

### Nivel 1

Se necesitan estimaciones de las superficies convertidas en Pastizales, desde los usos de la tierra iniciales (es decir, Tierras forestales, Tierras de cultivo, Asentamientos, etc.) hasta el tipo de pastizal final. La metodología supone que las estimaciones de la superficie están basadas en un marco temporal de un año, después del cual se transfiere a la categoría de *Pastizales que permanecen como tales*. Si las estimaciones de superficie se evalúan en marcos temporales más amplios, deben convertirse en superficies anuales promedio para que coincidan con los valores utilizados de las existencias de carbono. Si los países no cuentan con estos datos, se pueden extrapolar, muestras parciales a la totalidad de la base territorial o estimaciones históricas de conversiones a nivel temporal sobre la base del dictamen de expertos nacionales. Como mínimo, los países pueden confiar en la tasa de deforestación promedio y en las conversiones del uso de la tierra en pastizales procedentes de fuentes internacionales, incluida la FAO (véase el sitio Web FAOSTAT). Los métodos de Nivel 1 pueden utilizar tasas anuales promedio de conversión y superficies estimadas en lugar de las estimaciones directas.

### Nivel 2

Constituye una *buena práctica* utilizar estimaciones de superficie reales para todas las transiciones posibles del uso de la tierra inicial al tipo de pastizal final. Se puede lograr una declaración completa ya sea mediante el análisis de imágenes remotas obtenidas periódicamente de las pautas de uso y cobertura de la tierra, a través de muestreos periódicos en el terreno de las pautas de uso de la tierra, o aplicando sistemas de inventario híbridos.



### Nivel 3

Los datos de la actividad que se empleen en los cálculos de Nivel 3 deben proporcionar una contabilización completa de todas las transiciones en el uso de la tierra a pastizales y deben estar desagregados para tener en cuenta las diferentes condiciones dentro de un país. La desagregación puede ser por fronteras políticas (condado, provincia, etc.), superficie de bioma, zona climática o una combinación de estos parámetros. En muchos casos, los países pueden contar con información sobre tendencias de varios años en conversión de la tierra (de inventarios del uso de la tierra y su cobertura obtenidos sobre la base de muestreos o por detección remota).

#### 6.3.1.4 PASOS DE CÁLCULO PARA LOS NIVELES 1 Y 2

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

Se han proporcionado hojas de trabajo para completar las estimaciones de Nivel 1 de las emisiones y absorciones de esta categoría (véase el Anexo 1 Hojas de trabajo AFOLU). Para este cálculo, se ha simplificado la Ecuación 2.15. La hipótesis para el Nivel 1 es que  $\Delta C_G$  y  $\Delta C_L$  son iguales a cero. Por lo tanto, el único término que necesita calcularse es  $\Delta C_{CONVERSIÓN}$ , que se calcula con la Ecuación 2.16. Para las tierras convertidas en pastizales, se computa dos veces la Ecuación 2.16, una vez para la biomasa herbácea y otra vez para la biomasa leñosa. Esto se realiza porque cada uno de estos componentes tiene una fracción de carbono distinta.

##### Nivel 1

En el Nivel 1, sólo hay que calcular los cambios abruptos. La hipótesis de simplificación es que los cambios de existencia se producen en el año de la conversión. Por lo tanto, para las conversiones con más de un año, pero que todavía se encuentren en período de transición, se supone que no hay cambios netos en las existencias de C de la biomasa.

**Paso 1:** determinar las categorías de conversión de la tierra a utilizar en esta evaluación y la superficie representativa. El Nivel 1 requiere estimaciones de las superficies convertidas en Pastizales, desde los usos de la tierra iniciales (es decir, Tierras forestales, Tierras de cultivo, Asentamientos, etc.) hasta el tipo de pastizal final. Cuando se realizan cálculos de las tierras en la fase de transición, sólo se necesita la superficie total de la tierra convertida durante los 20 años anteriores, puesto que la hipótesis para el Nivel 1 es que todos los cambios en las existencias de C de la biomasa tienen lugar durante el primer año.

**Paso 2:** determinar las categorías de actividad a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría de la actividad está compuesta por definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, por la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y por la gestión de los pastizales (p. ej., «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas»).

**Paso 3:** para cada categoría de la actividad, determinar la biomasa por hectárea en la biomasa herbácea y la biomasa leñosa (por separado) antes de la conversión. Si no existen datos de la biomasa subterránea, utilizar las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar el componente de la biomasa subterránea. Los valores por defecto pueden encontrarse en el capítulo que se refiere a la categoría de otros usos de la tierra.

**Paso 4:** para cada categoría de la actividad, determinar la biomasa por hectárea en la biomasa herbácea y la biomasa leñosa (por separado) al año de la conversión en pastizales. Si no existen datos de la biomasa subterránea, utilizar las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar el componente de la biomasa subterránea. Los valores por defecto para la biomasa herbácea se proporcionan en el Cuadro 6.4.

**Paso 5:** determinar las fracciones de carbono apropiadas para la biomasa herbácea y leñosa. Los valores por defecto son de  $0,5 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$  para la biomasa leñosa y de  $0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$  para la biomasa herbácea.

**Paso 6:** estimar el cambio neto de las existencias de carbono en la biomasa leñosa y herbácea (por separado) restando la biomasa final de la biomasa inicial, y multiplicando esta diferencia por la superficie representativa de la actividad y por la fracción de carbono del componente de la biomasa. Un valor negativo indica un incremento de la biomasa.

**Paso 7:** sumar los cambios en las existencias de carbono en la biomasa leñosa y la biomasa herbácea para determinar el cambio neto en las existencias de carbono de la biomasa para cada categoría de la actividad. Deben calcularse los subtotales para cada tipo de conversión y debe calcularse el total general e introducirse al final de la última columna del cuadro.

##### Nivel 2

**Paso 1:** determinar las categorías de conversión de la tierra a utilizar en esta evaluación y la superficie representativa. Cuando el cálculo se realice para tierras en la fase de transición, se requiere contar con superficies representativas de cada categoría en las distintas etapas de la conversión.

### **Paso 2: Cambios abruptos**

- Determinar las categorías de actividad a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría de la actividad está compuesta por definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, por la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y por la gestión de los pastizales (p. ej., «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas»).
- Para cada categoría de la actividad, determinar la biomasa por hectárea en la biomasa herbácea y la biomasa leñosa (por separado) antes de la conversión. Si no existen datos de la biomasa subterránea, utilizar las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar el componente de la biomasa subterránea.
- Para cada categoría de la actividad, determinar la biomasa por hectárea en la biomasa herbácea y la biomasa leñosa (por separado) al año de la conversión en pastizales. Si no existen datos de la biomasa subterránea, utilizar las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar el componente de la biomasa subterránea.
- Determinar las fracciones de carbono apropiadas para la biomasa herbácea y leñosa. Los valores por defecto son de 0,5 ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup> para la biomasa leñosa y de 0,47 ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup> para la biomasa herbácea.
- Estimar el cambio neto de la biomasa de leñosa y herbácea por hectárea por cada tipo de conversión, restando la biomasa final de la inicial, y multiplicando esta diferencia por la superficie representativa de la actividad y por la fracción de carbono del componente de la biomasa. Un valor negativo indica un incremento de la biomasa.
- Sumar los cambios en las existencias de carbono en la biomasa leñosa y la biomasa herbácea para determinar el cambio neto en las existencias de carbono de la biomasa para cada categoría de la actividad. Deben calcularse los subtotales para cada tipo de conversión y el total general.

### **Paso 3: Cambios de la transición**

- Determinar las categorías y los cohortes a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría está compuesta por definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, por la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y por la gestión de los pastizales (p. ej., «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas»).
- Determinar la tasa de cambio anual de la biomasa herbácea y leñosa (por separado) por tipo de actividad, aplicando el Método de ganancias y pérdidas o el Método de diferencia de existencias (véase más adelante) para cada cohorte de tierras que actualmente se encuentran en su fase de transición entre la conversión y un nuevo sistema de pastizales de régimen constante.
- Determinar la biomasa herbácea y leñosa en el cohorte durante el año anterior (generalmente tomado del inventario anterior).
- Calcular el cambio biomasa herbácea y leñosa para cada cohorte sumando la tasa de cambio neta a las existencias del año anterior.

#### ***Método de ganancias y pérdidas (Ecuación 2.7 del Capítulo 2)***

- Determinar el incremento anual promedio de biomasa herbácea y leñosa (por separado).
- Determinar la pérdidas anuales promedio de biomasa herbácea y leñosa (por separado).
- Determinar la tasa de cambio neto de biomasa herbácea y leñosa restando la pérdida del incremento.

#### ***Método de diferencia de existencias (Ecuación 2.8 del Capítulo 2)***

- Determinar el intervalo temporal del inventario, las existencias promedio de biomasa herbácea y leñosa en el inventario inicial, y la biomasa promedio herbácea y leñosa del inventario final.
- Utilizar estos valores para estimar la diferencia anual en la biomasa herbácea y leñosa, restando las existencias iniciales de las existencias finales y dividiendo esta diferencia por la cantidad de años transcurridos entre la realización de los inventarios. Un valor negativo indica una pérdida en las existencias.
- Un método de Nivel 2 requiere factores de expansión específicos del país o del ecosistema, y deben usarse (y documentarse) los mejores datos de que se disponga localmente.

## **6.3.1.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE**

Los análisis de incertidumbre para *Tierras convertidas en pastizales* son básicamente los mismos que para *Pastizales que permanecen como tales*. En los inventarios de C existen dos fuentes de incertidumbre: 1)

incertidumbres en los datos de la actividad de uso y gestión de la tierra y del medio ambiente; 2) incertidumbres en el incremento y la pérdida del carbono, las existencias de carbono y los términos de los factores de expansión en los factores de cambio/emisión de existencias para los métodos de Nivel 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 *Pastizales que permanecen como tales* para un análisis adicional (Sección 6.2.1.5).

## 6.3.2 Materia orgánica muerta

En esta sección se presentan los cambios de las existencias de carbono en los depósitos de materia orgánica muerta (DOM, del inglés *Dead Organic Matter*) para la categoría de tierra *Tierras convertidas en pastizales*. Potencialmente, las Tierras de cultivo, las Tierras forestales, los Asentamientos y otras categorías de uso de la tierra pueden convertirse en Pastizales. Se suministran métodos para dos tipos de depósitos de materia orgánica muerta: 1) madera muerta, y 2) hojarasca. El Capítulo 1 de este Volumen proporciona definiciones detalladas de estos depósitos. Las características de la madera muerta y la hojarasca se describen en la Sección 6.2.2.

Estimar los cambios en las existencias de carbono en la DOM para *Tierras convertidas en pastizales* requiere un método de dos fases similar al descrito en la Sección Biomasa (Sección 6.3.1). Durante la primera fase, se produce, a menudo, un cambio abrupto en la DOM relacionada con el cambio en el uso de la tierra, particularmente cuando el cambio es deliberado y relacionado con las operaciones de preparación del terreno (p. ej., desbroce y quemado). En la segunda fase se consideran los procesos de descomposición y acumulación durante un período de transición a un nuevo sistema de régimen constante. En cierto momento, el ecosistema de pastizales debe alcanzar un equilibrio, momento en el cual se lo puede considerar *Pastizales que permanecen como tales* y contabilizarse bajo esa categoría. El período de transición por defecto que sigue a la conversión es de 20 años; pero los países pueden determinar el periodo de transición que consideren apropiado.

A fin de considerar el período de transición, las tierras convertidas en pastizales deben tratarse como cohortes anuales. Es decir, las tierras convertidas durante un año dado deben contabilizarse bajo la Fase 1 en el año de la conversión y, bajo la Fase 2, en los 19 años subsiguientes. Al finalizar el periodo de 20 años, la superficie de tierra de ese año se suma a la contabilizada bajo la categoría *Pastizales que permanecen como tales*.

Es probable que muchos usos de la tierra no tengan un depósito de madera muerta u hojarasca, de modo que puede suponerse que los depósitos de carbono correspondientes anteriores a la conversión son cero. Los bosques, los sistemas agroforestales y los humedales convertidos en Pastizales podrían tener cantidades significativas de carbono en estos depósitos, así como las áreas forestales que rodean los asentamientos que se puedan haber definido como asentamientos en base al uso cercano y no como cobertura de la tierra.

Es probable que un cierto número de superficies de tierra convertidas en pastizales no tengan una transición abrupta (p. ej., las tierras de cultivo que se abandonan y vuelven a ser pastizales). En este caso, no son apropiadas las hipótesis de la Fase 1, y hay una transición gradual de los depósitos de DOM hasta alcanzarse un nuevo equilibrio. Cuando sucede de este tipo de conversión, la contabilización global puede tratarse con como Fase 2.

La conversión de tierras en pastizales a menudo incluye el desbrozado y el quemado. Una vez que se desbroza la tierra, la DOM puede extraerse para madera combustible u otros usos. Los países pueden tratar de cuantificar estas extracciones y contabilizarlas para el carbono de otros sectores (p. ej., Energía). Además, quemar la vegetación que queda no elimina por completo la DOM, y parte se convierte en carbón vegetal. A niveles más altos, los países pueden preferir contabilizar esta transferencia a un depósito de almacenamiento a largo plazo.

### 6.3.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 2.3 del Capítulo 2 ofrece ayuda para la selección del nivel de método apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación. La estimación de los cambios en las existencias de carbono en DOM requiere una estimación de los cambios de las existencias de madera muerta y hojarasca. Cada uno de los depósitos de DOM (madera muerta y hojarasca) debe tratarse por separado, pero el método para cada depósito es el mismo.

#### Nivel 1

Un método de Nivel 1 implica estimar la superficie de cada tipo de conversión de la tierra empleando sólo las categorías de conversión más importantes (p. ej., Tierras forestales en Pastizales). El cambio inmediato y abrupto de la existencia de carbono (Fase 1) en la madera muerta y la hojarasca debido a la conversión de otras tierras en Pastizales bajo el Nivel 1 se estima utilizando la Ecuación 2.23, donde  $C_0$  es igual a cero y  $T_{om}$  es igual a 1. El Nivel 1 supone por defecto que se elimina toda la madera muerta y la hojarasca durante la conversión y que no permanece ni se acumula madera muerta u hojarasca en las *Tierras convertidas en pastizales*. Se alienta a

los países en los que se sabe que tal hipótesis es falsa (p. ej., donde se practican ampliamente la tala de broza y el quemado) a utilizar un nivel superior para contabilizar las tierras convertidas en Pastizales. Además, debe suponerse que los pastizales alcanzan su biomasa de régimen constante durante el primer año posterior a la conversión. Por consiguiente, en el Nivel 1, no hay emisiones ni absorciones asociadas con la Fase 2, aunque las tierras convertidas en Pastizales deben mantenerse en la categoría de conversión durante un periodo de transición de 20 años, puesto que las existencias del suelo tardan más tiempo en alcanzar el equilibrio.

En la mayoría de los sistemas, no se dispone de valores por defecto de madera muerta y hojarasca. En cuanto a los bosques, no hay valores internacionales por defecto para madera muerta, pero sí los hay para hojarasca (Cuadro 2.2 del Capítulo 2). Los países deben realizar sus mejores estimaciones y utilizar datos locales de instituciones de investigación forestal y agrícola a fin de suministrar las mejores estimaciones de madera muerta y hojarasca del sistema inicial, previo a la conversión.

## Nivel 2

Los métodos de Nivel 2 requieren una desagregación mayor que la empleada en el Nivel 1. Los datos de la actividad deben declararse por zonas ecológicas y regímenes de gestión.

Como se explicó anteriormente en la sección sobre biomasa (Sección 6.3.1), los impactos inmediatos de las actividades de conversión de la tierra sobre los cinco depósitos de carbono pueden resumirse en una «matriz de perturbación». Allí se describen la retención, las transferencias y las liberaciones de carbono de los depósitos del ecosistema original que siguen a la conversión en Pastizales. Una matriz de perturbación define la proporción de carbono que permanece en ese depósito y la proporción que se transfiere a otros depósitos. Son posibles un pequeño número de transferencias que se plantean en la matriz de perturbación del Cuadro 2.1 del Capítulo 2. El uso de dicha matriz garantiza la coherencia del cómputo de todos los depósitos de carbono.

El cambio inmediato y abrupto en las existencias de carbono de la madera muerta debido a la conversión de otras tierras en Pastizales bajo los Niveles 2 y 3 se estima utilizando la Ecuación 2.23. Durante el periodo de transición, los depósitos que ganan o pierden C tienen a menudo una curva de pérdida o acumulación no lineal que puede representarse a través de sucesivas matrices de transición. En el Nivel 2, se puede suponer una función de cambio lineal; en un enfoque de Nivel 3 basado en estos métodos deben utilizarse las verdaderas formas de las curvas. Estas curvas deben aplicarse a cada cohorte que esté bajo transición durante el año de declaración a fin de estimar los cambios anuales de los depósitos de carbono en madera muerta y hojarasca.

Para el cálculo de los cambios en el carbono de la madera muerta y la hojarasca durante la fase de transición, se sugieren dos métodos:

**Método de ganancias y pérdidas** (Ecuación 2.18 del Capítulo 2): este método implica estimar la superficie de cada tipo de conversión de la tierra y el promedio anual de transferencia hacia y desde las existencias de madera muerta y hojarasca. Esto requiere una estimación de la superficie bajo *Tierras convertidas en pastizales* según los diferentes tipos de clima o zonas ecológicas o tipos de pastizales, el régimen de perturbación, de gestión u otros factores que afecten significativamente los depósitos de carbono de la madera muerta y hojarasca y la cantidad de biomasa transferida a las existencias de madera muerta y hojarasca, así como la cantidad de biomasa transferida fuera de las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea y según los diferentes tipos de pastizales.

**Método de diferencia de existencias** (véase la Ecuación 2.19 del Capítulo 2): Este método implica estimar la superficie de las *Tierras convertidas en pastizales* y las existencias de madera muerta y hojarasca en dos momentos dados,  $t_1$  y  $t_2$ . Los cambios anuales ocurridos en las existencias de madera muerta y hojarasca en el año del inventario se calculan dividiendo los cambios en las existencias por el período (años) transcurrido entre dos mediciones. Este método se puede aplicar en los países en los que se realizan inventarios periódicos. Puede no ser muy apropiado en las regiones con climas muy variables y puede producir resultados espurios, a menos que se lleven a cabo inventarios anuales.

## Nivel 3

En cuanto al Nivel 3, los países deben desarrollar sus propias metodologías y parámetros para estimar los cambios de DOM. Estas metodologías se pueden derivar de cualquiera de los dos métodos antes especificados, o pueden basarse en otros métodos. El método utilizado debe documentarse claramente. El Método de diferencia de existencias descrito anteriormente puede resultar apropiado para los países que adoptan los métodos de Nivel 3. Se emplean dichos métodos en los países que cuentan con factores de emisión específicos del país y con datos sustanciales a nivel nacional. La metodología definida para el país puede basarse en inventarios detallados de parcelas de muestreo permanente de sus tierras de cultivo y/o modelos.

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

**Fracción de carbono:** la fracción de carbono de la madera muerta y la hojarasca es variable y depende de la etapa de descomposición. La madera es mucho menos variable que la hojarasca y se puede utilizar un valor de 0,5 ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup> para la fracción de carbono. Los valores de la hojarasca en los pastizales varían entre 0,3 y 0,5 ton de C (ton d.m.)<sup>-1</sup>. Cuando no existen datos específicos del país o del ecosistema, los países deben utilizar un valor de la fracción de carbono de 0,4 ton de C (ton d.m.)<sup>-1</sup>.

#### Nivel 1

En el Nivel 1, se supone que las existencias de madera muerta y hojarasca de las tierras convertidas en pastizales se pierden en su totalidad durante la conversión y que no hay acumulación de nueva DOM en los pastizales, con posterioridad a la conversión. Se aconseja que los países que experimenten conversiones significativas de otros ecosistemas en pastizales desarrollen datos nacionales para estimar este impacto, y declararlos bajo la metodología de Nivel 2 o 3.

#### Nivel 2

Es una *buena práctica* utilizar datos de nivel nacional sobre madera muerta y hojarasca para diferentes categorías de pastizales, en combinación con valores por defecto, si no se dispone de valores específicos del país o de la región respecto a algunas categorías de conversión. Los valores específicos del país para la transferencia de carbono de árboles vivos y hierbas cosechados a residuos de cosecha y las tasas de descomposición, en el caso del Método de ganancias y pérdidas o el cambio neto en los depósitos de DOM, en el caso del Método de diferencia de existencias, pueden derivarse de los factores de expansión nacionales, teniendo en cuenta el tipo de pastizal, el índice de utilización de la biomasa, las prácticas de cosecha, y la cantidad de vegetación deteriorada durante las operaciones de cosecha. Los valores específicos del país en cuanto a regímenes de perturbaciones deben derivarse de estudios científicos.

#### Nivel 3

Las estimaciones de carbono en DOM desagregado a nivel nacional deben determinarse como parte de un inventario nacional de pastizales, de modelos de nivel nacional o de un programa de inventarios específico para gases de efecto invernadero, con muestreos periódicos según los principios establecidos en el Capítulo 3, Anexo 3A.3. Los datos del inventario se pueden acompañar de estudios de modelización para poder capturar la dinámica de todos los depósitos de carbono de los pastizales.

Los métodos del Nivel 3 permiten obtener estimaciones con mayor certidumbre que los métodos inferiores y se caracterizan por una mejor relación entre los distintos depósitos de carbono. Algunos países han desarrollado matrices de perturbación que dan como resultado una pauta de re-atribución de carbono entre los distintos depósitos para cada tipo de perturbación. Otros parámetros importantes en la modelización del balance de carbono en DOM son las tasas de descomposición, que pueden variar según el tipo de madera y las condiciones climáticas, y los procedimientos de preparación de la tierra (p. ej., corta y quema controladas, o quema de pilas).

### 6.3.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Todos los niveles requieren estimaciones de superficies de tierra convertidas en Pastizales. Los mismos datos de superficie deben utilizarse para los cálculos de biomasa, materia orgánica muerta y estimaciones de carbono del suelo. Si es necesario, los datos de superficie utilizados en el análisis de suelos pueden agregarse para que coincidan con la escala espacial requerida para estimaciones de menor orden de biomasa; no obstante, a niveles superiores, en la estratificación deben tenerse en cuenta los tipos de suelos más importantes. Los datos de superficie deben obtenerse utilizando los métodos descritos en el Capítulo 3. Se deben realizar verificaciones cruzadas para asegurar la representación completa y coherente de las tierras convertidas anualmente, a fin de evitar omisiones o cálculos dobles. Los datos deben desagregarse de acuerdo con las categorías generales de clima y tipos de pastizales. Los inventarios de Nivel 3 van a requerir información más exhaustiva sobre el establecimiento de nuevos pastizales, con información más refinada sobre las clases de suelos, climas y resolución espacial y temporal. Todos los cambios que se hayan producido durante el número de años seleccionado como período de transición se incluyen con las transiciones más antiguas que el período de transición (por defecto 20 años) declaradas como subdivisión de los *Pastizales que permanecen como tales*. Los niveles superiores requieren mayor detalle, pero el requisito mínimo para que los inventarios sean coherentes con las *Directrices del IPCC* es que la conversión de las superficies forestales se identifique de forma separada. Esto se debe a que, habitualmente, los bosques tienen una mayor densidad de carbono antes de la conversión. Esto implica que se va a necesitar, por lo menos, un conocimiento parcial de la matriz de cambios en el uso de la tierra y, por lo tanto, donde se utilizan los Métodos 1 y 2 del Capítulo 3 para estimar la superficie de tierra, así como sondeos complementarios para identificar la superficie de tierra que se está convirtiendo de Tierras forestales en pastizales. Como se señalara en el Capítulo 3, donde se esté comenzando a realizar sondeos, a

menudo va a resultar más exacto establecer directamente las superficies bajo conversión que estimarlas a partir de las diferencias de las superficies totales de tierra bajo ciertos usos en particular en diferentes momentos.

El Capítulo 3 proporciona una orientación general sobre los métodos para obtener y categorizar las superficies según las diferentes clases de usos de la tierra. Para estimar las emisiones y absorciones de esta fuente, los países deben obtener las estimaciones de la superficie para la conversión en pastizales, desagregada, como se requiere para que corresponda con los factores de emisión disponibles y otros parámetros.

### 6.3.2.4 PASOS DE CÁLCULO PARA LOS NIVELES 1 Y 2

Para el Nivel 1, sólo es necesario calcular el cambio abrupto, y esto se lleva a cabo utilizando la Ecuación 2.23, en la que  $C_0$  es igual a cero y  $T_{on}$  es igual a 1. El Nivel 1 supone por defecto que se elimina toda la madera muerta y hojarasca durante la conversión, y que no permanece o se acumula madera muerta ni hojarasca en las *Tierras convertidas en pastizales*. Por lo tanto, para las conversiones con más de 1 año, pero que todavía se encuentran en período de transición, se supone que no hay cambios en las existencias de C de la biomasa.

#### Nivel 1

**Paso 1:** determinar las categorías de conversión de la tierra a utilizar en esta evaluación y la superficie representativa. El Nivel 1 requiere estimaciones de las superficies convertidas en Pastizales, desde los usos de la tierra iniciales (es decir, Tierras Forestales, Tierras de cultivo, Asentamientos, etc.) hasta el tipo de pastizal final. Cuando se realizan cálculos de las tierras en la fase de transición, sólo se necesita la superficie total de la tierra convertida durante los 20 años anteriores, puesto que la hipótesis para el Nivel 1 es que no se acumulan las existencias de C en la DOM durante el primer año. Nótese que todos los pastizales con más de 20 años deben contabilizarse en el rubro *Pastizales que permanecen como tales*. Por tanto, las superficies de pastizales con 21 años deben ser transferidas a esta categoría.

**Paso 2:** determinar las categorías de actividad a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría de la actividad está compuesta por definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, por la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y por la gestión de los pastizales (p. ej., «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas»).

**Paso 3:** para cada categoría de actividad, determinar la existencia de C por hectárea en la madera muerta y hojarasca (por separado) previa a la conversión. Los valores por defecto, si existen, pueden encontrarse en el capítulo que se refiere a la categoría de otros usos de la tierra.

**Paso 4:** para cada categoría de actividad, se supone que la existencia de C por hectárea en la madera muerta y la hojarasca (por separado) al año de la conversión en pastizales es cero.

**Paso 5:** determinar las fracciones de carbono apropiadas para la biomasa de madera muerta y hojarasca. El valor por defecto es de 0,5 ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup> para madera muerta y de 0,4 ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup> para hojarasca.

**Paso 6:** estimar el cambio neto de las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca (por separado) restando la existencia final de la existencia inicial, y multiplicando esta diferencia por la superficie representativa de la actividad y por la fracción de carbono del componente de la biomasa.

**Paso 7:** sumar los cambios de las existencias de carbono en la madera muerta y la hojarasca para determinar el cambio neto en las existencias de carbono de la DOM para cada categoría de la actividad. Deben calcularse los subtotales para cada tipo de conversión y debe calcularse el total general e introducirse al final de la última columna del cuadro.

#### Nivel 2

**Paso 1:** determinar las categorías de conversión de la tierra a utilizar en esta evaluación y la superficie representativa. Cuando el cálculo se realice para tierras en la fase de transición, se requiere contar con superficies representativas de cada categoría en las distintas etapas de la conversión.

#### Paso 2: Cambios abruptos

- Determinar las categorías de actividad a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría de la actividad está compuesta por definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, por la naturaleza de la gestión de la cobertura terrestre previa y por la gestión de los pastizales (p. ej., «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas»).
- Para cada categoría de actividad, determinar la masa de C por hectárea en la madera muerta y hojarasca (por separado) previa a la conversión.

- Para cada categoría de actividad, determinar la masa por hectárea de madera muerta y hojarasca (por separado) un año después de la conversión en pastizal.
- Determinar las fracciones de carbono apropiadas de la madera muerta y hojarasca. Los valores por defecto son de 0,50 ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup> para madera muerta y de 0,40 ton C (ton d.m.)<sup>-1</sup> para hojarasca.
- Estimar el cambio neto de existencias de C en la madera muerta y la hojarasca (por separado) para cada tipo de conversión restando las existencias finales de las iniciales, y multiplicando esta diferencia por la superficie representativa de la actividad y por la fracción de carbono del componente de la biomasa. Un valor negativo indica un incremento de la DOM.
- Sumar los cambios de las existencias de carbono en la madera muerta y la hojarasca para determinar el cambio neto en las existencias de C para cada categoría de la actividad. Deben calcularse los subtotales para cada tipo de conversión y el total general.

### **Paso 3: Cambios de la transición**

- determinar las categorías y los cohortes a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría está compuesta por definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, por la naturaleza de la gestión de la cobertura terrestre previa y por la gestión de los pastizales (p. ej., «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas»).
- Determinar la tasa de cambio anual de la madera muerta y la hojarasca (por separado) por tipo de actividad, aplicando el Método de ganancias y pérdidas o el Método de diferencia de existencias (ver más adelante) para cada cohorte de tierras que actualmente se encuentra en su fase de transición entre la conversión y un nuevo sistema de pastizales en régimen constante.
- Determinar la madera muerta y la hojarasca del cohorte durante el año anterior (generalmente tomado del inventario anterior).
- Estimar el cambio en la madera muerta y la hojarasca para cada cohorte sumando la tasa de cambio neto a las existencias del año anterior.

### ***Método de ganancias y pérdidas (Ecuación 2.18 del Capítulo 2)***

- Determinar las entradas anuales promedio de madera muerta y hojarasca (por separado).
- Determinar las pérdidas anuales promedio de madera muerta y hojarasca (por separado).
- Determinar la tasa de cambio neto de madera muerta y hojarasca restando la pérdida del incremento.

### ***Método de diferencia de existencias (Ecuación 2.19 del Capítulo 2)***

- Determinar el intervalo temporal del inventario, las existencias promedio de madera muerta y hojarasca en el inventario inicial, y el promedio de madera muerta y hojarasca del inventario final.
- Utilizar estos valores para estimar el cambio neto en la madera muerta y hojarasca, restando la existencia inicial de la final y dividiendo esta diferencia por la cantidad de años transcurridos entre la realización de los inventarios. Un valor negativo indica una pérdida en las existencias.
- Un método de Nivel 2 requiere factores de expansión específicos del país o específicos del ecosistema y deben usarse (y documentarse) los mejores datos de que se disponga localmente.

## **6.3.2.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE**

Los análisis de incertidumbre para *Tierras convertidas en pastizales* son fundamentalmente los mismos que para *Pastizales que permanecen como tales*. En los inventarios de C existen dos fuentes de incertidumbre: 1) incertidumbres en los datos sobre actividad de uso y gestión de la tierra y sobre el medio ambiente; 2) incertidumbres en el incremento y la pérdida del carbono, las existencias de carbono y los términos de los factores de expansión en los factores de cambio/emisión de existencias para los métodos de Nivel 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 *Pastizales que permanecen como tales* para un análisis adicional (Sección 6.2.2.5).

### 6.3.3 Carbono del suelo

La gestión de los pastizales que incluya el drenaje genera emisiones del suelo orgánico, independientemente del uso anterior de la tierra. Sin embargo, el impacto de los suelos minerales es menos claro en las tierras convertidas en Pastizales. La bibliografía sobre uno de los tipos de conversión dominante a nivel mundial (de Tierras forestales en Pastizales en los trópicos) proporciona pruebas para las ganancias netas y las pérdidas netas del C del suelo, y se sabe que la gestión específica del pastizal después de la conversión es clave (p. ej., Veldkamp, 2001).

*Se suministran información general y orientación sobre cómo estimar cambios en las existencias de C del suelo en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2 (incluyendo ecuaciones) y esa sección debe leerse antes de continuar con el análisis de las directrices específicas referidas a las existencias de C del suelo en pastizales.* El cambio total de las existencias de C del suelo en las *Tierras convertidas en pastizales* se estima utilizando la Ecuación 2.24 para el cambio en las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales y orgánicos, y los cambios en las existencias están asociados con los depósitos de C inorgánico del suelo (si se estima en el Nivel 3). En esta sección se brinda orientación específica para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo. Hay un análisis general en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2 sobre el C inorgánico del suelo y aquí no se brinda información adicional sobre este tema.

A fin de contabilizar los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con *Tierras convertidas en pastizales*, los países deben tener, como mínimo, estimaciones de la superficie de las *Tierras convertidas en pastizales* durante el período de inventario, estratificadas por región climática y por tipo de suelo. Si los datos sobre uso de la tierra y gestión son limitados, se pueden emplear datos agregados, como las estadísticas de la FAO, como punto de partida, junto con el conocimiento de los expertos nacionales sobre la distribución aproximada de los tipos de uso de la tierra que se convierten y su respectiva gestión. Si se desconocen los usos de la tierra y las conversiones anteriores, igual se pueden calcular los cambios de existencias de SOC empleando los métodos provistos bajo *Pastizales que permanecen como tales*, aunque es factible que la base territorial sea diferente para los pastizales en el año en curso con respecto al año de inicio del inventario. No obstante, es clave que el total de la superficie territorial contabilizada para todos los sectores de uso de la tierra sea la misma durante el tiempo que lleve el inventario (p. ej., si se convierten 3 millones de hectáreas de tierras forestales y tierras de cultivo en pastizales durante el período del inventario, entonces los pastizales tendrán un adicional de 3 millones de hectáreas en el último año del inventario, mientras que las tierras de cultivo y las tierras forestales tendrán la correspondiente pérdida de 3 millones de hectáreas en ese último año). Las *Tierras convertidas en pastizales* se estratifican según las regiones climáticas, la gestión 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 apropiados de clima y suelos, junto con datos espacialmente explícitos en cuanto a la ubicación de las conversiones de las tierras.

#### 6.3.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Pueden desarrollarse los inventarios empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3, en los que cada uno de los sucesivos Niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. También es posible que haya países que utilicen diferentes niveles para preparar las estimaciones de cada subcategoría en particular de C del suelo (es decir, 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). 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**

Utilizando la Ecuación 2.25 (Capítulo 2), el cambio en las existencias de C orgánico del suelo puede estimarse para suelos minerales contabilizando el impacto de la conversión en pastizales. El método es básicamente el mismo que el que se usa para *Pastizales que permanecen como tales*, excepto que la preconversión de las existencias de C depende de los factores de cambio para otro uso de la tierra. Específicamente, las existencias iniciales (antes de la conversión) de C orgánico del suelo ( $SOC_{(0-T)}$ ) y las existencias del último año del período de inventario ( $SOC_0$ ) se contabilizan a partir de las existencias de referencia por defecto de C orgánico del suelo ( $SOC_{REF}$ ) y los factores de cambio de existencias ( $F_{LU}$ ,  $F_{MG}$ ,  $F_I$ ). 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 de existencias se estiman basándose en la diferencia en las existencias (a través del tiempo) para el primer y el último año del período de inventario, dividido por la dependencia temporal de los factores de cambio de existencias ( $D$ , 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, pero se incluyen las existencias de C de referencia específicas del país o la región y/o los factores de cambio de existencias y, 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 en Pastizales empleen modelos, redes de monitorización y/o conjuntos de datos representativos de las transiciones ocurridas a través del tiempo de otros usos de la tierra, incluyendo tierras forestales, tierras de cultivo y, posiblemente, asentamientos u otras tierras. Si es posible, también se recomienda que los métodos de Nivel 3 se integren con estimaciones de la remoción de biomasa y el tratamiento de post-desbroce de los residuos vegetales (incluyendo restos leñosos y hojarasca), dado que la variación en la remoción y el tratamiento de residuos (p. ej., quemado, preparación del suelo) afecta las entradas de C a la formación de materia orgánica del suelo y las pérdidas de C por descomposición y combustión. Es importante que los modelos se evalúen mediante observaciones independientes a partir de lugares específicos del país o de la región representativos de las interacciones entre el clima, el suelo y la gestión de los pastizales referidos a los cambios en las existencias de C del suelo ocurridos después de la conversión.

***Suelos orgánicos*****Nivel 1 y Nivel 2**

Las *Tierras convertidas en pastizales* en suelos orgánicos durante el periodo de inventario se tratan del mismo modo que los *Pastizales que permanecen como tales* en suelos orgánicos, es decir, se les aplica un factor de emisión constante, basado en la región climática, y las pérdidas de C se calculan utilizando la Ecuación 2.26 (Capítulo 2). En la Sección referida a *Pastizales que permanecen como tales* (Sección 6.2.3.1), 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 más detallados y 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*).

### **6.3.3.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN**

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

Para las tierras no gestionadas, Tierras forestales gestionadas, Asentamientos y Pastizales nominalmente gestionados bajo regímenes de poca perturbación, se supone que las existencias de C del suelo son equivalentes a 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 otros sistemas, por ejemplo pastizales mejorados y degradados, así como todos los sistemas de tierras de cultivo. Las existencias de C de referencia por defecto se encuentran en el Cuadro 2.3 del Capítulo 2. Véase la sección *Elección de los factores de cambio de existencias y de emisión* en el capítulo apropiado de uso 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).

Nótese que es una *buena práctica* utilizar el factor de gestión ( $F_{LU}$ ) para las tierras reservadas (Cuadro 5.5) si se trata con Tierras de cultivo cultivadas anualmente y convertidas en Pastizales (es decir, hasta que se reclasifica la tierra como *Pastizales que permanecen como tales*) puesto que los sistemas de tierras de cultivo anual recientemente convertidos, típicamente, ganan C a una velocidad similar a la de las tierras reservadas. Además, los factores de Nivel 1 para las tierras reservadas fueron derivados de datos empíricos para representar explícitamente la ganancia esperada durante los primeros 20 años para las tierras retiradas del cultivo. Si los países deciden suponer un incremento más rápido en la transferencia de C que eleve los niveles a las condiciones nativas dentro de los 20 años, debe proporcionarse una justificación en la documentación.

**Nivel 2**

Probablemente, la estimación de los factores de cambio de existencias específicos del país constituya el desarrollo más importante para el método de Nivel 2. Las diferencias en las existencias de C orgánico del suelo entre los usos de la tierra se calculan con relación a una condición de referencia, empleando los factores de uso

de la tierra ( $F_{LU}$ ). Entonces, se emplean los factores de ingreso ( $F_I$ ) y los de gestión ( $F_{MG}$ ) para definir con más exactitud las existencias de C del nuevo sistema de pastizales. En la Sección 6.2.3.2 *Pastizales que permanecen como tales*, se proporciona información adicional sobre cómo derivar estos factores de cambio de existencias, y en la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2) ofrece otra orientación general. Véase la sección que corresponda en cuanto a información específica sobre la derivación de los factores de cambio de existencias para otros sectores de uso de la tierra (Tierras forestales en la Sección 4.2.3.2, Tierras de cultivo 5.2.3.2, 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) lo que requiere 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 favor de tasas variables que reproduzcan con más 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.

## Suelos orgánicos

### Nivel 1 y Nivel 2

Las *Tierras convertidas en pastizales* en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan igual que los *Pastizales que permanecen como tales* en suelos orgánicos. Los factores de emisión del Nivel 1 se presentan en el Cuadro 6.3, 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 favor de tasas variables que reproduzcan con más exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3 del Capítulo 2.

## 6.3.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

### Suelos minerales

#### Nivel 1 y Nivel 2

A los efectos de estimar los cambios en las existencias de carbono del suelo, las estimaciones de superficie de *Tierras convertidas en pastizales* deben estratificarse según las regiones climáticas y los tipos de suelos principales. Esto se puede basar en superposiciones 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. Véanse las secciones correspondientes que tratan de cada categoría de uso de la tierra para encontrar información específica del sector respecto a la representación 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 pastizales* 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 para un análisis referido a métodos) suministran la información básica subyacente para determinar el uso previo de la tierra para las tierras de la categoría *Tierras convertidas en pastizales*. Por contraste, los datos agregados (Método 1) sólo suministran la cantidad total de superficie en cada uso de la tierra al comienzo y al final del período de inventario (p. ej., 1985 y 2005). Por lo tanto, a menos que pueda recogerse información complementaria para inferir el patrón de cambio de uso de la tierra (como se sugirió en el Capítulo 3), los datos del Método 1 son insuficientes para determinar las transiciones específicas entre las categorías de uso de la tierra. Por lo tanto, se desconoce el uso de la tierra previo a la conversión en pastizales. Afortunadamente, 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. Por lo tanto, con los datos agregados (Método 1), los cambios de las existencias de C orgánico del suelo pueden calcularse por separado para cada categoría de uso de la tierra y, después, combinarlos para obtener el cambio total de existencias para todos los usos de la tierra. La estimación de cambio de las existencias de C del suelo es equivalente a los resultados que se obtienen usando los datos de actividad del Método 2 (o 3) (es decir, una matriz de cambio completa de uso de la tierra), pero la evaluación de la tendencia de las existencias de C sólo es pertinente después de combinar las estimaciones de las existencias para todos los usos de la tierra (es decir, las existencias aumentan o disminuyen con los cambios en la superficie de tierra de cada uso individual, pero esto se compensará con las ganancias o pérdidas de los otros usos y, por tanto, no cambia realmente ningún depósito del país. Por lo tanto, con agregación, (datos del Método 1) es importante que haya

coordinación entre los distintos sectores territoriales, a fin de garantizar que el total de la base territorial se mantenga constante a través del tiempo, dado que ciertas superficies se pierden o ganan dentro de sectores individuales durante cada año de inventario, debido a cambios en el uso de la tierra.

Nótese que con los datos de la actividad agregados (Método 1), no será posible determinar las tierras de cultivo anuales cultivadas convertidas en pastizales. Por lo tanto, se aplican los factores de cambio de existencias en pastizales, sin consideración por la tasa más lenta de ganancia de C en las tierras de cultivos anuales convertidas recientemente, lo que puede conducir a una sobreestimación de la ganancia de C en un período de tiempo de 20 años, y en especial utilizando el método de Nivel 1 (véase la Elección de los factores de cambio de existencias y de emisión para un análisis adicional). Esta advertencia debe reconocerse en la documentación de la declaración, y es una *buena práctica* que los inventarios futuros recojan la información adicional necesaria para estimar la superficie de los pastizales recientemente convertidos y procedentes de tierras de cultivo, en particular si el C del suelo es una categoría de fuente principal.

### 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, respecto de los métodos de los Niveles 1 o 2, aunque los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

### *Suelos orgánicos*

#### Nivel 1 y Nivel 2

Las *Tierras convertidas en pastizales* en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan de la misma manera que los *Pastizales que permanecen como tales* en suelos orgánicos, y la Sección 6.2.2.3 brinda orientación sobre los datos de la actividad.

#### 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, respecto de los métodos de los Niveles 1 o 2, aunque los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o la medición.

## 6.3.3.4 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 de las *Tierras convertidas en pastizales* son los siguientes:

**Paso 1:** organizar los datos por períodos de inventario sobre la base de los años en los que se recabaron los datos de la actividad (p. ej., 1990 y 1995, 1995 y 2000, etc.)

**Paso 2:** 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 dependiendo de la periodicidad de los datos de la actividad (0-T; p. ej., hace 5, 10 o 20 años).

**Paso 3:** 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 asegurar que no se computen cambios erróneos en las existencias de C debidos a diferencias en los valores de existencias de referencia entre sectores.

**Paso 4:** seleccionar el factor de uso de la tierra ( $F_{LU}$ ), el factor de gestión ( $F_{MG}$ ) y los niveles de ingreso de C ( $F_I$ ) que representan el sistema de uso y gestión de la tierra presente antes de la conversión en pastizal. 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, Asentamientos en el Capítulo 8 y Otras tierras en el Capítulo 9).

**Paso 5:** multiplicar estos valores por las existencias de C del suelo de referencia para estimar las existencias «iniciales» de C orgánico del suelo ( $SOC_{(0-T)}$ ) para el período del inventario.

**Paso 6:** 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 ingreso que representen las condiciones (después de la conversión en pastizal) al último año de inventario (año 0).

**Paso 7:** estimar el cambio promedio anual en existencias de C orgánico del suelo para la zona durante el período de inventario, ( $\Delta C_{Minerales}$ ).

**Paso 8:** repetir los Pasos 1 a 6 si hay períodos de inventario adicionales (p. ej., 1990 a 1995, 2001 a 2010, etc.).

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

A continuación, se proporciona un ejemplo tipo utilizando la Ecuación 2.25 (Capítulo 2), los factores de cambio de existencias por defecto y las existencias de referencia de C, para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo asociados con las *Tierras convertidas en pastizales*.

**Ejemplo:** En el clima tropical húmedo, para el suelo volcánico que há estado mucho tiempo como tierra de cultivo anual, labrado intensivamente y donde los residuos de cultivo se han eliminado, las existencias de carbono al principio del periodo de inventario (1990 en este ejemplo),  $SOC_{(0-T)}$  son  $70 \text{ ton C há}^{-1} \bullet 0,48 \bullet 1 \bullet 0,92 = 30,9 \text{ ton C há}^{-1}$ . Después de la conversión en tierras de pastura mejoradas (por ejemplo, fertilizadas), las existencias de carbono en el último año inventario (2010 en este ejemplo) ( $SOC_0$ ) son  $70 \text{ ton C há}^{-1} \bullet 0,82 \bullet 1,17 \bullet 1 = 67,2 \text{ ton C há}^{-1}$ . Por lo tanto, el cambio anual promedio en las existencias de C del suelo para la superficie en el periodo de inventario se calcula como  $(67,2 \text{ ton C há}^{-1} - 36,9 \text{ ton C há}^{-1})/20 \text{ años} = 1,5 \text{ ton C há}^{-1} \text{ año}^{-1}$ . Nótese que se há utilizado el factor de las tierras reservadas de cultivo (0,82) para  $F_{LU}$  porque los pastizales no ganan el complemento total de las existencias de C del lugar en 20 años. Después de los primeros 20 años, se utiliza un factor de uno para  $F_{LU}$  en el método de Nivel 1.

### **Suelos orgánicos**

Los pasos para el cálculo son los mismos que los descritos en la Sección 6.2.3.4 precedente.

### **6.3.3.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE**

Los análisis de incertidumbre para las *Tierras convertidas en pastizales* son básicamente los mismos que para *Pastizales 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 sobre el medio ambiente; 2) incertidumbres en las existencias de C de referencia 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 *Pastizales que permanecen como tales* para un análisis adicional (Sección 6.2.3.5).

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

Las emisiones de gases de efecto invernadero de las *Tierras convertidas en pastizales* se producen a partir de la combustión de la biomasa y materia orgánica muerta (DOM) de las *Tierras convertidas en pastizales*. Las emisiones se contabilizan en la nueva categoría de tierra. Las emisiones de gases de efecto invernadero no-CO<sub>2</sub> más importantes de esta sección proceden de la conversión de Tierras forestales en pastizales, pero también se pueden producir emisiones importantes como resultado de la conversión de Tierras de cultivo en pastizales. Es muy poco probable que los Pastizales se originen a partir de la conversión de otras categorías de uso de la tierra (Asentamientos, Humedales u Otras tierras).

En las zonas tropicales, es práctica común quemar sucesivamente hasta eliminar la mayoría de los residuos forestales -si no todos- y la DOM, para poder crear las pasturas. En algunos lugares, resulta necesario realizar hasta tres o cuatro incendios. Parte de la biomasa forestal aérea eliminada durante el proceso de conversión de Tierras forestales en pastizales se puede transferir a productos de madera recolectada, mientras que una cierta cantidad se puede retirar del lugar para usarla como madera combustible (es decir, que se quema fuera del lugar). Normalmente, lo que queda se quema *in situ*.

Se deben declarar las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del quemado de biomasa en Tierras forestales no gestionadas, si les sigue una conversión en el uso de la tierra, dado que las tierras convertidas se consideran gestionadas.

La conversión de Tierras de cultivo en humedales normalmente no tiene como resultado el quemado de la biomasa. Sin embargo, siempre que se realice, los países deben declarar las correspondientes emisiones de gases de efecto invernadero anualmente.

El método a utilizar para estimar las emisiones de no-CO<sub>2</sub> del quemado de biomasa en *Tierras convertidas en pastizales* es esencialmente el mismo que el usado para *Pastizales que permanecen como tales*.

### 6.3.4.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

En el árbol de decisiones de la Figura 2.6 del Capítulo 2 se brinda orientación sobre la elección del Nivel a aplicar en los países cuando se declaran las emisiones de gases de efecto invernadero de *Tierras convertidas en pastizales*.

La elección del método está relacionada directamente con la disponibilidad de datos nacionales sobre la superficie de tierra convertida quemada, la masa de combustible disponible y los factores de combustión y emisión. Cuando se emplean niveles superiores, se utiliza información específica del país respecto a la masa de combustible disponible para contabilizar la cantidad de biomasa transferida a productos de madera recolectada (de corresponder), quitada para uso como combustible y quemada fuera del sitio.

Los países deben declarar el uso de un método de Nivel 2 o 3 siempre que las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes del quemado de biomasa en *Tierras convertidas en pastizales* constituyan una categoría principal.

### 6.3.4.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

#### Nivel 1

La masa de combustible disponible para la combustión ( $M_B$  en la Ecuación 2.27) es crítica en la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero. 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 que sus tipos de vegetación se corresponden con las amplias categorías de vegetación descritas en los cuadros por defecto. En cuanto al Nivel 1, se debe suponer que toda la biomasa aérea y DOM de la categoría de tierras anterior se pierde inmediatamente después de la conversión. Los valores por defecto para biomasa previos a la conversión se pueden encontrar en los capítulos referidos a los respectivos usos de la tierra (p. ej., los factores por defecto para tierras forestales se encuentran en el capítulo referido a biomasa en tierras forestales).

#### Nivel 2

En un método de Nivel 2, deben emplearse estimaciones específicas del país en cuanto a la combustión de combustible. Los datos se deberán desagregar según los tipos de bosques, en el caso de *Tierras forestales convertidas en pastizales*. Se deben desarrollar los factores de combustión y de emisión que mejor reflejen las condiciones nacionales (zona climática, bioma, condiciones de quemado) y suministrar rangos de incertidumbre. Además, a diferencia del Nivel 1, donde se supone que todo el carbono de la biomasa aérea y DOM se pierde inmediatamente después de la conversión, en un método de Nivel 2 deben estimarse las transferencias de biomasa a productos de madera recolectada y madera combustible (quemada fuera del sitio) a fin de proporcionar una estimación más fiable de la masa de combustible disponible.

#### Nivel 3

En el Nivel 3, todos los parámetros deben ser definidos por el país.

### 6.3.4.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad necesarios para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por el quemado de biomasa se refieren a la superficie afectada por esta actividad. Los países deben estratificar la superficie convertida en Pastizales a partir de Tierras forestales y de Tierras de cultivo, dado que la cantidad de combustible disponible para el quemado puede mostrar variaciones importantes de una categoría a otra de uso de la tierra.

#### Nivel 1

Los países que apliquen el método del Nivel 1 deben estimar las superficies convertidas en pastizales a partir de los usos iniciales de la tierra (Tierras forestales, Tierras de cultivo, etc.). La conversión debe estimarse anualmente. Las estimaciones pueden derivarse de varios métodos: (1) aplicando una tasa de conversión en Pastizales a la superficie total anual convertida (la tasa puede estimarse sobre la base del conocimiento histórico, el dictamen de expertos del país, y/o de las muestras de las superficies convertidas y de la evaluación del uso final de la tierra); o (2) utilizando los datos de fuentes internacionales, tales como la FAO, para estimar las superficies de Tierras forestales y Pastizales que se convierten anualmente, y utilizar el dictamen de expertos para estimar la porción de esta superficie convertida en Pastizales.

**Nivel 2**

Siempre que resulte posible, los países deben utilizar estimaciones reales de superficie para todas las conversiones posibles en pastizales. Los datos multi-temporales de detección remota y con adecuada resolución deben proporcionar mejores estimaciones de la conversión en el uso de la tierra que los métodos presentados en el Nivel 1. El análisis puede basarse en una cobertura total del territorio o en superficies de muestra representativas seleccionadas, a partir de las cuales se pueden derivar las estimaciones de superficie convertida en pastizales de todo el territorio.

**Nivel 3**

Los datos de la actividad en el Nivel 3 deben basarse en el Método 3 presentado en el Capítulo 3, por el que se estima el total de superficie convertida anualmente en Pastizales (a partir de Tierras forestales, Pastizales u otras categorías del uso de la tierra). Los datos deben desagregarse según el tipo de bioma, clima, fronteras políticas o una combinación de estos parámetros.

**6.3.4.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE****Nivel 1**

Las fuentes de incertidumbre en este método tienen muchos orígenes: (i) el uso de tasas de conversión promedio universales o nacionales o de estimaciones groseras de superficies de tierra convertidas en pastizales; (ii) una estimación de la superficie convertida que se quema como parte de una práctica de gestión (eliminación de la biomasa en el uso de la tierra inicial para establecer la tierra para la agricultura); (iii) la masa de combustible disponible; y (iv) los factores de combustión y emisión. Se proporcionan los datos sobre las incertidumbres asociadas con los factores de emisión y combustión, mientras que los relacionados con los puntos (i) y (ii) pueden variar significativamente según el método que se emplee para su estimación. Como resultado de estas incertidumbres, es poco probable que la estimación de la superficie quemada sea conocida en más de un 20% y las emisiones por unidad de superficie en hasta un factor de 2 usando los métodos del Nivel 1.

**Nivel 2**

El uso de estimaciones de superficie de fuentes más fiables (datos de detección remota, método de muestras) mejora su exactitud relativa al Nivel 1 y Método 1 (del capítulo 3). Estas fuentes también proporcionan mejores estimaciones de las superficies convertidas y quemadas. Despreciar la biomasa transferida a productos de madera recolectada o quitada del sitio como madera combustible, y la biomasa dejada en el sitio para su descomposición, elimina un sesgo (sobreestimación) en las estimaciones. Las estimaciones de factores de emisión o combustión a nivel nacional, si van acompañadas de rangos de error (en la forma de desviación estándar) permiten evaluar la incertidumbre asociada con las *Tierras convertidas en pastizales*.

**Nivel 3**

La incertidumbre asociada con los datos de actividad en el Nivel 3 es probable que sea inferior a la del Nivel 1 o 2, y depende de la detección remota, de los sondeos de campo, del enfoque de modelización utilizado y de los datos de entrada.

**6.4 EXHAUSTIVIDAD, SERIES TEMPORALES, GC/CC Y GENERACIÓN DE INFORMES****6.4.1 Exhaustividad****Nivel 1**

Un inventario completo de Pastizales de Nivel 1 contiene tres elementos: 1) los cambios en las existencias de carbono y las emisiones de no-CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>) producidas por el quemado de biomasa se han estimado para todas las *Tierras convertidas en pastizales* y *Pastizales que permanecen como tales* durante el período del inventario; 2) en el análisis del inventario se ha tratado el impacto de todas las prácticas de gestión descritas en los métodos del Nivel 1; y 3) en el análisis se contabilizó la variación climática y de suelos que afecta las emisiones y las absorciones (según lo descrito para el Nivel 1).

Los últimos dos elementos requieren la asignación de sistemas de gestión a superficies de pastizales y la estratificación por regiones climáticas y tipos de suelos. Es una *buena práctica* que los países utilicen las mismas clasificaciones para biomasa y para depósitos del suelo, además del quemado de biomasa (en el grado en que tales clasificaciones resulten necesarias para estas categorías de fuente). Esto garantiza la coherencia y transparencia, permite el uso eficiente de los sondeos de tierras y de otras herramientas para recabar datos, y

permite una relación explícita entre los cambios en las existencias de carbono en la biomasa y los depósitos del suelo, así como de las emisiones de no-CO<sub>2</sub> producidas por el quemado de biomasa.

En el caso de las estimaciones de las existencias de C en la biomasa y en el suelo, un inventario de Pastizales deberá tener en cuenta el impacto de los cambios en el uso de la tierra (*Tierras convertidas en pastizales*) y la gestión. No obstante, en algunos casos, los datos de la actividad o el conocimiento de expertos pueden no ser suficientes para estimar los efectos de las prácticas de gestión, tales como el grado y tipo de la gestión silvopastoral, la gestión de los fertilizantes, la irrigación, la intensidad del pastoreo, etc. En tales casos, los países pueden proceder a realizar un inventario teniendo sólo presente el uso de la tierra, pero los resultados serán incompletos y la omisión de las prácticas de gestión debe identificarse claramente en la documentación de los informes a los efectos de la transparencia. Si hay omisiones, es una *buena práctica* recabar datos de la actividad adicionales sobre la gestión para futuros inventarios, en particular si el C de la biomasa o del suelo constituye una categoría de fuente principal.

Puede que los cambios en las existencias de C no se contabilicen para ciertas superficies de pastizales si se considera que las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero son insignificantes o constantes con el transcurso del tiempo, como sucede con los pastizales no leñosos donde no hay cambios en la gestión o en el uso de la tierra. En este caso, es una *buena práctica* que los países documenten y expliquen las razones de las omisiones.

Para el quemado de la biomasa, deben declararse todos los gases no-CO<sub>2</sub> de efecto invernadero para todas las quemadas controladas y los incendios de pastizales gestionados. Incluye la conversión de Tierras forestales en Pastizales, donde la cantidad de combustible disponible para el quemado suele ser más significativa que en otras categorías de uso de la tierra. Las emisiones del quemado de la DOM y de la biomasa de árboles desbrozados deben incluirse en estas estimaciones. El quemado de la sabana también constituye una gran fuente de emisiones no-CO<sub>2</sub> procedentes del quemado de biomasa. El quemado de la biomasa debe declararse donde el fuego natural en la tierra no gestionada va seguido por una transición a tierra gestionada durante el intervalo de declaración del inventario.

La estimación de la superficie realmente quemada es clave para realizar un cálculo fiable de las emisiones no-CO<sub>2</sub> de los gases de efecto invernadero. Las estimaciones de detección remota de la superficie quemada han de ser rigurosamente comprobadas con los datos de terrestres para garantizar que las superficies quemadas se estiman de manera precisa. Es probable que el uso de estadísticas promedio a nivel regional sea muy poco fiable para estimar la superficie quemada de un país concreto.

En los pastizales, en los que la gestión del fuego está cambiando el equilibrio entre la hierba y la vegetación leñosa, las emisiones de CO<sub>2</sub> del fuego pueden no estar compensadas con la re-fijación a corto plazo de una cantidad equivalente de C en la biomasa. En tales situaciones, la emisión neta de CO<sub>2</sub> provocada por el quemado también debe declararse.

### Nivel 2

Un inventario completo de Nivel 2 tiene elementos similares al de Nivel 1, pero incorpora datos específicos del país para estimar los factores de cambio en las existencias de C, las existencias de C de referencia del suelo, las estimaciones de la densidad de la biomasa (carga de combustible); así como la combustión y los factores de emisión para el quemado de la biomasa, para desarrollar las descripciones del clima y las categorías del suelo, y mejorar las clasificaciones del sistema de gestión. Más aun, constituye una *buena práctica*, en un inventario de Nivel 2, incorporar datos específicos del país para cada componente. No obstante, los inventarios siguen considerándose completos si combinan datos específicos del país con datos por defecto del Nivel 1.

### Nivel 3

Además de los comentarios hechos respecto a los Niveles 1 y 2, la exhaustividad de los inventarios de Nivel 3 depende de los componentes del sistema de evaluación específico del país. En la práctica, es factible que en los inventarios de Nivel 3 se contabilicen en su totalidad las emisiones y absorciones de los pastizales, empleando una mayor cantidad de datos y de resolución más fina sobre clima, suelos, quemado de biomasa y sistemas de gestión. Es una *buena práctica* que los compiladores del inventario describan y documenten los elementos del sistema específico del país, a la vez que demuestren la exhaustividad del método y de las fuentes de datos. Si se identifican vacíos, es una *buena práctica* recabar información adicional y desarrollar aun más el sistema específico del país.

## 6.4.2 Desarrollo de una serie temporal coherente

### Nivel 1

Las series temporales coherentes son esenciales para evaluar las tendencias en emisiones y absorciones. A fin de mantener la coherencia, los compiladores deben aplicar las mismas clasificaciones y los mismos factores durante la totalidad del período del inventario, incluyendo clima, tipos de suelos, clasificaciones de sistemas de gestión,

factores de cambio de las existencias de C, existencias de C del suelo de referencia, estimaciones de densidad de biomasa (carga de combustible), factores de combustión, y factores de emisión de no-CO<sub>2</sub>. Se suministran valores por defecto para todos estos componentes, por lo que la coherencia no debe constituir problema alguno. Además, la base territorial debe permanecer coherente con el correr del tiempo, con excepción de las *Tierras convertidas en pastizales* o de los pastizales convertidos a otros usos de la tierra.

Los países deben emplear fuentes coherentes de datos de la actividad sobre uso de la tierra, gestión y quemado de biomasa, a lo largo de todo el periodo de declaración, donde sea posible. Si se los usa, los métodos de muestreo deben mantenerse durante todo el período del inventario, para garantizar un enfoque coherente. Si se crean subcategorías, los países deben llevar registros transparentes sobre cómo se las definió y aplicarlas coherentemente a lo largo del inventario.

En algunos casos, las fuentes de datos de la actividad, las definiciones o los métodos pueden cambiar a través del tiempo según la disponibilidad de nueva información. Los compiladores del inventario deben determinar cuál es la influencia de los cambios de datos o métodos sobre las tendencias y, si se la considera significativa, las emisiones y absorciones deben calcularse nuevamente para esa serie temporal empleando los métodos provistos en el Capítulo 5 del Volumen 1.

En cuanto a los cambios en las existencias de C, un elemento clave para producir una serie temporal coherente es asegurar la coherencia entre las existencias de C de las *Tierras convertidas en pastizales* estimadas en los periodos anteriores de declaración y el estado de esas existencias declarado respecto a aquellas tierras que permanezcan como pastizales en el período actual. Por ejemplo, si se transfirieron 10 toneladas de biomasa aérea viva al depósito de materia orgánica muerta de las *Tierras forestales convertidas en pastizales* en el período anterior de declaración en la declaración de este período debe suponerse que las existencias iniciales de carbono del depósito de materia orgánica muerta fue de 10 toneladas para esas tierras.

### Nivel 2

Además de los aspectos analizados bajo el Nivel 1, hay consideraciones adicionales relativas a la introducción de información específica del país. Específicamente, es una *buena práctica* aplicar nuevos valores del factor o clasificaciones derivados de información específica del país en la totalidad del inventario y volver a calcular la serie temporal. De lo contrario, las tendencias positivas o negativas en las existencias de C o las emisiones del quemado de biomasa pueden deberse, en parte, a cambios relacionados con los métodos de inventario ocurridos en algún momento de la serie temporal, y no ser representativas de las tendencias reales.

Es posible que no se disponga de nueva información específica del país para toda la serie temporal. En esos casos, es una *buena práctica* demostrar el efecto de los cambios en los niveles de actividad frente a los datos o métodos actualizados específicos de un país. En el Capítulo 5 del Volumen 1, se brinda orientación sobre cómo volver a hacer los cálculos en tales circunstancias.

### Nivel 3

Al igual que en los Niveles 1 y 2, es una *buena práctica* aplicar el sistema de estimación específico del país a lo largo de toda la serie temporal. Los organismos a cargo del inventario deben emplear los mismos protocolos de medición (estrategia de muestreo, método, etc.) y/o el mismo modelo a lo largo de todo el período del inventario.

## 6.4.3 Garantía de calidad y control de calidad

### Nivel 1

Es una *buena práctica* aplicar Garantía de Calidad/Controles de Calidad con revisión interna y externa de los datos del inventario de los pastizales. Debe realizar la revisión interna el organismo a cargo del inventario, mientras que la externa queda en manos de otros organismos, expertos o grupos que no tengan participación directa en la compilación.

La revisión interna debe centrarse en el proceso de ejecución del inventario para garantizar que: 1) los datos de la actividad se han estratificado correctamente por regiones climáticas y tipos de suelos; 2) se han aplicado adecuadamente las clasificaciones/descripciones de la gestión; 3) se transcribieron correctamente los datos de la actividad a las hojas de trabajo o al software computarizado del inventario; y 4) que los factores de cambio de las existencias de C, las existencias de C del suelo de referencia, las densidades de biomasa (carga de combustible), la combustión del quemado de la biomasa y los factores de emisión se han asignado adecuadamente. Las medidas de Garantía de calidad/control de calidad pueden incluir una inspección visual así como funciones de programas integrados para verificar el ingreso de datos y los resultados. Los resúmenes estadísticos también pueden ser de ayuda, como la acumulación de superficies por estratos en las hojas de trabajo para determinar si son coherentes con las estadísticas sobre el uso de la tierra. El total de la superficie debe permanecer constante durante el periodo de inventario y las superficies por estrato sólo varían por uso de la tierra o por clasificación de gestión (el clima y los tipos de suelos deben permanecer constantes).



En las revisiones externas se deben considerar la validez del método de inventario, la rigurosidad de la documentación del inventario, la explicación de los métodos y la transparencia en general. Es importante evaluar si la superficie total de pastizales gestionados es realista, teniendo en cuenta la superficie total de pastizales del territorio. También será necesario realizar una verificación cruzada de las estimaciones de superficie para todas las categorías de uso de la tierra (es decir, Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, etc.). Por último, la suma de toda la base territorial de un país, que incluye cada sector, debe mantenerse igual todos los años durante el período de inventario.

Para el quemado de biomasa, debe ponerse atención específica en las estimaciones específicas del país de la superficie anual quemada. Cuando se estime la superficie quemada a partir de conjuntos de datos mundiales, es importante validar la información utilizando datos de campo o de detección remota de alta resolución.

### Nivel 2

Además de las medidas de Garantía de calidad/Control de calidad señalados bajo el Nivel 1, el organismo a cargo del inventario debe efectuar una revisión de las regiones climáticas, tipos de suelos, clasificaciones de sistemas de gestión, factores de cambio de las existencias de C, existencias de C de suelo de referencia, densidades de biomasa (carga de combustible), factores de combustión, y/o factores de emisión de no-CO<sub>2</sub> para el quemado de biomasa. Si se emplean factores basados en mediciones directas, el organismo a cargo del inventario y los revisores externos deben revisar las mediciones para garantizar que sean representativas de la verdadera gama de condiciones ambientales y de gestión, que se desarrollaron sobre la base de normas reconocidas (IAEA, 1992). Si hay acceso, es una *buena práctica* comparar los factores específicos del país con los factores de cambio de existencias, combustión y emisión del Nivel 2 usados para otros países con circunstancias similares, además de los valores por defecto del IPCC.

Dada la complejidad de las tendencias de emisión y absorción, en la revisión externa se debe contar con la participación de especialistas del sector para que comprueben los factores específicos del país y/o las clasificaciones.

### Nivel 3

Es factible que los sistemas de inventario específicos del país requieran medidas adicionales de Garantía de calidad/Control de calidad, más allá de las indicadas por los Niveles 1 y 2, pero esto depende de los sistemas que se desarrollen. Es una *buena práctica* desarrollar un protocolo de Garantía de calidad/Control de calidad específico para el sistema de inventario avanzado del país, archivar los informes e incluir resultados resumidos en la documentación de la declaración.

## 6.4.4 Generación de informes y documentación

### Nivel 1

Por lo general, es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información requerida para producir las estimaciones del inventario nacional. En el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las tendencias de los datos de la actividad y las incertidumbres relativas a los pastizales. Entre las actividades principales se incluyen el cambio en el uso de la tierra, el quemado de biomasa, el uso de prácticas silvopastorales, el pastoreo intensivo, el uso de fertilizantes minerales o abonos orgánicos, las prácticas de riego el encalado, el inter-sembrado con legumbres o la siembra de especies más productivas y el quemado de biomasa (fuegos naturales y quemadas controladas).

Es una *buena práctica* archivar las bases de datos reales, como los datos de censos, registros de quema y estadísticas pastorales, y los procedimientos empleados para procesar los datos (p. ej., programas estadísticos); las definiciones utilizadas para categorizar o agregar datos de la actividad; y los procedimientos usados para estratificar los datos de la actividad por clima y tipos de suelos. Las hojas de trabajo o el *software* del inventario deben archiversse con los archivos de entrada/salida que se hayan generado para producir los resultados.

En los casos en los que no se disponga directamente de datos de la actividad a partir de bases de datos o en que se hayan combinado múltiples conjuntos de datos, deben describirse la información, las hipótesis y los procedimientos empleados para derivar los datos de la actividad. Esta documentación debe incluir la frecuencia de la recolección y la estimación de datos, y la incertidumbre. El uso del conocimiento experto debe documentarse y la correspondencia debe archiversse.

Es una *buena práctica* documentar y explicar las tendencias en las existencias de biomasa y de C del suelo, así como las emisiones del quemado de biomasa en cuanto al uso del suelo y actividad de gestión. Los cambios en las existencias de biomasa deben relacionarse directamente con el uso de la tierra, con los cambios en las prácticas silvopastorales o con la invasión de plantas leñosas, mientras que las tendencias en las existencias de C del suelo pueden deberse a usos de la tierra o a cambios en las principales actividades de gestión, como se describiera anteriormente. Las emisiones del quemado de biomasa dependen del grado y la frecuencia de las

quemadas controladas y de los incendios naturales. Debe explicarse toda fluctuación significativa de las emisiones entre años.

Los países deben incluir documentación sobre la exhaustividad de sus inventarios, aspectos relacionados con la coherencia de las series temporales o con la falta de coherencia, y un resumen de las medidas de Garantía de calidad/Control de calidad y sus resultados.

## **Nivel 2**

Además de las consideraciones señaladas para el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las bases que subyacen a factores de cambio de las existencias de C, las existencias de C de referencia del suelo, las estimaciones de la densidad de biomasa (carga de combustible), los factores de combustión y emisión por quemado de biomasa, las clasificaciones de los sistemas de gestión, las regiones climáticas y/o los tipos de suelo. Es más, constituye una *buena práctica* archivar las fuentes de «metadata» y de datos utilizadas para estimar los valores específicos del país.

La documentación de declaración debe incluir los nuevos factores (es decir, medios e incertidumbres), y es una *buena práctica* incluir un análisis en el informe de inventario relativo a las diferencias existentes entre los factores específicos del país y los valores por defecto del Nivel 1, así como los factores de Nivel 2 de regiones con circunstancias similares a las del país declarante. Si se emplean diferentes factores de emisión, parámetros y métodos para los distintos años, deben explicarse y documentarse las razones de tales cambios. Además, los organismos a cargo del inventario deben describir las clasificaciones de la gestión, el clima y/o los tipos de suelo específicos del país y se recomienda que se documenten las mejoras en las estimaciones de los métodos de inventario basadas en las nuevas clasificaciones. Por ejemplo, la condición de pastizal puede subdividirse en categorías adicionales más allá de las clases del Nivel 1 (es decir, nominal, mejorada, degradada y degradada severamente), aunque las ulteriores subdivisiones sólo mejorarán las estimaciones del inventario si el cambio en las existencias o los factores de emisión difieren significativamente entre las nuevas categorías.

Cuando se analicen las tendencias de las emisiones y absorciones, debe hacerse una distinción entre los niveles de actividad y los cambios de los métodos de año en año, y deben documentarse las razones de tales cambios.

## **Nivel 3**

El inventario de Nivel 3 exige documentación respecto a los datos de la actividad y las tendencias de emisiones/absorciones similar a la de los métodos de nivel inferior, aunque debe incluirse documentación adicional para explicar las bases y el marco subyacentes del sistema de estimación específico del país. Con los inventarios basados en mediciones, es una *buena práctica* documentar el diseño de muestreo, los procedimientos de laboratorio y las técnicas de análisis de datos. Los datos de las mediciones deben archivar, así como los resultados de los análisis de datos. En cuanto a los métodos de Nivel 3 en los que se utilizan modelos, es una *buena práctica* documentar las versiones del modelo y suministrar una descripción de él, así como archivar permanentemente copias de todos los archivos de ingreso al modelo, los códigos fuente y los programas ejecutables.

## **Anexo 6A.1 Estimación de los factores de cambio de existencias por defecto para emisiones/absorciones de C en suelos minerales de Pastizales**

Los factores de cambio de existencias de C del suelo por defecto se proporcionan en el Cuadro 6.2, que fue calculado a partir de un conjunto de datos globales de estudios experimentales para tres tipos generales de condiciones de los pastizales: degradados, nominalmente gestionados y mejorados. Se incluyó un factor de entrada adicional para aplicarlo a los pastizales mejorados. Las mejoras en la gestión consideradas aquí fueron limitadas a la fertilización (orgánica o inorgánica), la siembra de legumbres o de más especies de hierbas, y el riego. El pastizal con pastoreo excesivo y deficientemente gestionado (es decir, donde no se aplicó ninguna de las mejoras de gestión) o las pasturas tropicales fueron clasificadas como pastizales degradados. Los pastizales del sitio o los introducidos que no fueron mejorados se agruparon en la clasificación de pastizales nominales. Los pastizales con cualquier tipo individual de mejora en la gestión fueron clasificados como pastizales mejorados, con tasas medias de entrada de C. Para los pastizales mejorados en los que se implementaron múltiples mejoras de gestión, las tasas de entrada de C se consideraron altas.

Los datos experimentales (citas provistas en el listado de referencias) se analizaron en modelos lineales de efecto mixto, contabilizando tanto los efectos fijos como los aleatorios. Entre los efectos fijos se incluyen la profundidad, la cantidad de años transcurridos desde el cambio de gestión, y el tipo de cambio de gestión (p. ej., laboreo reducido versus ningún laboreo). Para la profundidad, no agregamos los datos pero incluimos las existencias de C medidas en cada incremento de profundidad (p. ej., 0-5 cm, 5-10 cm y 10-30 cm) como punto independiente del conjunto de datos. Similarmente, no agregamos los datos del mismo estudio recogidos en diferentes puntos en el tiempo. Consecuentemente, los efectos aleatorios se utilizaron para contabilizar la dependencia entre los datos de la serie temporal y los puntos de datos que representan diferentes profundidades en el mismo estudio. En caso de ser significativo, se utilizó el efecto aleatorio a nivel de país para evaluar la incertidumbre adicional asociada con la aplicación del valor global por defecto a un país específico (incluido en la incertidumbre por defecto). Se estimaron los factores para el efecto de la práctica de gestión durante 20 años para los 30 primeros centímetros del suelo. Se calculó la varianza para cada uno de los valores del factor, y que puede utilizarse con métodos de propagación de error simple para construir las funciones de distribución de probabilidad con una densidad normal.

## Referencias

- Anderson, D.J., Perry, R.A. and Leigh, J.H. (1972). Some perspectives on shrub/environment interactions. In: McKell C.M., Blaisdell J.P., Goodon J.R. (eds), *Wildland Shrubs – Their Biology and Utilization*. USDA Forest Service, General Tech. Report INT-1.
- 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.
- Conant, R.T. and Paustian, K. (2002). Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems. *Global Biogeochemical Cycles* **16**: pp. 90\_1-90\_9.
- Conant, R.T., Paustian, K., and Elliott, E.T. (2001). Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. *Ecological Application* **11**: 343-355.
- 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.
- Follett, R. F., Kimble, J.M. and Lal, R. (2001). The potential of U.S. grazing lands to sequester soil carbon. Pages 401-430 in R. F. Follett, J.M. Kimble, and R. Lal, editor. *The Potential of U.S. Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- 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, Paris, France.
- 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.
- Kauffman, B., Cummings, D.L. and Ward, D.E. (1998). Fire in the Brazilian Amazon. 2. Biomass, nutrient pools and losses in cattle pastures. *Oecologia*, **113** pp 415-427.
- McGill, W. B. (1996). Review and classification of ten soil organic matter models. In: Powlson D.S., Smith P., and Smith J.U. (eds.). *Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets*. Springer-Verlag, Heidelberg: pp. 111-132.
- McKeon, G.M., Hall, W.B., Henry, B.K., Stone, G.S. and Watson, I.W. (2004). Pasture Degradation and Recovery in Australia's Rangelands: Learning from History. Queensland Department of Natural Resources, Mines and Energy. pp. 256.
- 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.
- Naeth, M.A., Bailey, A.W., Pluth, D.J., Chanasyk, D.S., and Hardin, R.T. (1991). Grazing impacts on litter and soil organic matter in mixed prairie and fescue grassland ecosystems of Alberta. *Journal or Range Management* **44** pp 7-12.
- Nusser, S.M. and Goebel, J.J. (1997). The National Resources Inventory: a long-term multi-resource monitoring programme. *Environmental and Ecological Statistics* **4**:181-204.
- 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.
- Ogle, S.M., Conant, R.T. and Paustian, K. (2004). Deriving grassland management factors for a carbon accounting approach developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Environmental Management*. **33**:474-484.
- Ojima, D.S., Parton, W.J., Schimel, D.S., Scurlock, J.M.O. and Kittel, T.G.F. (1993). Modeling the effects of climatic and CO<sub>2</sub> changes on grassland storage of soil C. *Water, Air, and Soil Pollution* **70**: pp. 643-657.
- 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.

- 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.
- Smith, P., Powlson, D.S., Smith, J.U. and Elliott, E.T. (eds) (1997). Evaluation and comparison of soil organic matter models. Special Issue, *Geoderma* **81**:1-225.
- Vanden Bygaart, A.J., Gregorich, E.G., Angers, D.A., *et al.* (2004). Uncertainty analysis of soil organic carbon stock change in Canadian cropland from 1991 to 2001. *Global Change Biology* **10**:983-994.
- Veldkamp, E. (2001). Changes in soil carbon stocks following conversion of forest to pasture in the tropics. In: Holland E.A. (ed.): Notes from Underground: Soil Processes and Global Change. NATO ASI Series Berlin: Springer.

**CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN EL SUELO (REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LOS FACTORES POR DEFECTO DE LOS SUELOS MINERALES EN EL ANEXO 6A.1)**

- Abril, A. and Bucher, E.H. (1999). The effects of overgrazing on soil microbial community and fertility in the Chaco dry savannas of Argentina. *Applied Soil Ecology* **12**:159-167.
- Aina, P.O. (1979). Soil changes resulting from long-term management practices in Western Nigeria. *Soil Science Society of America Journal* **43**:173-177.
- Arnold, P.W., Hunter, F. and Gonzalez Fernandez, P. (1976). Long-term grassland experiments at Cockle Park. *Annales Agronomiques* **27**:1027-1042.
- Banerjee, M.R., Burton, D.L., McCaughey, W.P. and Grant, C.A. (2000). Influence of pasture management on soil biological quality. *Journal of Range Management* **53**:127-133.
- Bardgett, R.D., Frankland, J.C. and Whittaker, J.B. (1993). The effects of agricultural practices on the soil biota of some upland grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **45**:25-45.
- Barrow, N.J. (1969). The accumulation of soil organic matter under pasture and its effect on soil properties. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* **9**:437-445.
- Biondini, M.E., Patton, B.D. and Nyren, P.E. (1998). Grazing intensity and ecosystem processes in a northern mixed-grass prairie, USA. *Ecological Applications* **8**:469-479.
- Cantarutti, R.B., Brage, J.M., Boddey, R.M. and Resende, S.d.P. (1995). Caracterizacáo do status de nitrogênio em solosob pastagm de Brachiaria humidicola pura e consorciada com Desmodium ovalifolium cv. Itabela. Pages 733-735 in Proceedings of the XXV Congresso Brasileiro do Ciencia do Solo, Micosá, MG, Brazil.
- Carr, S.C.M., and Turner, J.S. (1959). The ecology of the Bogong high plains II. Fencing experiments in grassland C. *Australian Journal of Botany* **7**:34-83.
- Carter, M.R., Angers, D.A. and Kunelius, H.T. (1994). Soil structural for and stability, and organic matter under cool-season perennial grasses. *Soil Science Society of America Journal* **58**:1194-1199.
- Cerri, C.C., Volkoff, B. and Andreaux, F. (1991). Nature and behavior of organic matter in soils under natural forest, and after deforestation, burning and cultivation, near Manaus. *Forest Ecology and Management* **38**:247-257.
- Chone, T., Andreuz, F., Correa, J.C., Volkhoff, B. and Cerri, C.C. (1991). Changes in organic matter in an Oxisol from the central Amazonian forest during eight years as pasture determined by <sup>13</sup>C isotopic composition. Pages 397-405 in J. Berthelin, editor. Diversity of Environmental Biogeochemistry. Elsevier, Amsterdam.
- Chuluun, T., Tieszen, L.L. and Ojima, D. (1999). Land use impact on C4 plant cover of temperate east Asian grasslands. Pages 103-109 in K. Otsubo, editor. NIES Workshop on Information Bases and Modeling for Land-use and Land-cover Changes Studies in East Asia. Center for Global Environmental Research.
- Bernoux, M., Carvalho, M.D.S., Volkoff, B. and Cerri, C.C. (1994). Organic carbon and <sup>13</sup>C content in soils and soil size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia. *Geoderma* **61**:103-118.
- Eden, M.J., McGregor, D.F.M. and Viera, N.A.Q. (1990). Pasture development on cleared forest land in northern Amazonia. *The Geographical Journal* **156**:283-296.
- Escobar, C.J. and Toriatti Dematte, J.L. (1991). Distribution of organic matter and natural carbon-13 in an Ultisol in the Amazon piedmont. *Pasturas Tropicales* **13**:27-30.

- Feigl, B.J., Melillo, J. and Cerri, C.C. (1995). Changes in the origin and quality of soil organic matter after pasture introduction in Rondonia (Brazil). *Plant and Soil* **175**:21-29.
- Fisher, M.J., Tao, I.M., Ayarza, M.A., Lascano, C.E., Sanz, J.I., Thomas, R.J. and Vera, R.R. (1994). Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature* **371**:236-238.
- Frank, A.B., Tanaka, D.L., Hofmann, L. and Follett, R.F. (1995). Soil carbon and nitrogen of Northern Great Plains grasslands as influenced by long-term grazing. *Journal of Range Management* **48**:470-474.
- Franzluebbers, A.J., Stuedmann, J.A., Schomberg, H.H. and Wilkinson, S.R. (2000). Soil organic C and N pools under long-term pasture management in the Southern Piedmont USA. *Soil Biology and Biochemistry* **32**:469-478.
- Franzluebbers, A.J., Nazih, N., Stuedmann, J.A., Fuhrmann, J.J., Schomberg, H.H. and Hartel, P.G. (1999). Soil carbon and nitrogen pools under low- and high-endophyte-infected tall fescue. *Soil Science Society of America Journal* **63**:1687-1694.
- Garcia-Oliva, F., Casar, I., Morales, P. and Maass, J.M. (1994). Forest-to-pasture conversion influences on soil organic carbon dynamics in a tropical deciduous forest. *Oecologia* **99**:392-396.
- Goh, K.M., Stout, J.D. and Rafter, T.A. (1977). Radiocarbon enrichment of soil organic matter fractions in New Zealand soils. *Soil Science* **123**:385-391.
- Jackman, R.H. (1964). Accumulation of organic matter in some New Zealand soils under permanent pasture I. Patterns of change of organic carbon, nitrogen, sulphur, and phosphorous. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **7**:445-471.
- Kohn, G.D., Osborne, G.J., Batten, G.D., Smith, A.N. and Lill, W.J. (1977). The effect of topdressed superphosphate on changes in Nitrogen : Carbon : Sulphur : Phosphorous and pH on a red earth soil during a long term grazing experiment. *Australian Journal of Soil Research* **15**:147-158.
- Koutika, L.S., Bartoli, F., Andreux, F., Cerri, C.C., Burtin, G., Chone, T. and Philipppy, R. (1997). Organic matter dynamics and aggregation in soils under rain forest and pastures of increasing age in the eastern Amazon Basin. *Geoderma*, **76**, 87-112.
- Loiseau, P. and Grignani, C. (1991). Status of organic nitrogen and fate of mineral nitrogen in mid-mountain pastures. *Agronomie* **11**:143-150.
- Lovell, R.D., Jarvis, S.C. and Bardgett, R.D. (1995). Soil microbial biomass and activity in long-term grassland: effects of management changes. *Soil Biology and Biochemistry* **27**:969-975.
- Lytton Hitchins, J.A., Koppi, A.J. and McBratney, A.B. (1994). The soil condition of adjacent bio-dynamic and conventionally managed dairy pasture in Victoria, Australia. *Soil Use and Management* **10**:79-87.
- Malhi, S.S., Harapiak, J.T., Nyborg, M., Gill, K.S. and Flore, N.A. (2002). Autumn and spring applications of ammonium nitrate and urea to brome grass influence total and light fraction organic C and N in a thin Black Chernozem. *Canadian Journal of Soil Science* **82**:211-217.
- Malhi, S.S., Nyborg, M., Harapiak, J.T., Heier, K. and Flore, N.A. (1997). Increasing organic C and N in soil under brome grass with long-term N fertilization. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **49**:255-260.
- Manley, J.T., Schuman, G.E., Reeder, J.D. and Hart, R.H. (1995). Rangeland soil carbon and nitrogen responses to grazing. *Journal of Soil and Water Conservation* **50**:294-298.
- Moulin, A.P., McCartney, D.H., Bittman, S. and Nuttall, W.F. (1997). Long-term effects of fertilizer on soil carbon in a pasture soil.
- Naeth, M.A., Bailey, A.W., Pluth, D.J., Chanasyk, D.S. and Hardin, R.T. (1991). Grazing impacts on litter and soil organic matter in mixed prairie and fescue grassland ecosystems of Alberta. *Journal of Range Management* **44**:7-12.
- Neill, C., Melillo, J.M., Steudler, P.A., Cerri, C.C., Moraes, J.F.L.d., Piccolo, M.C. and Brito, M. (1997). Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the Southwestern Brazilian Amazon. *Ecological Applications* **7**:1216-1225.
- Nyborg, M., Malhi, S.S., Solberg, E.D. and Izaurralde, R.C. (1999). Carbon storage and light fraction C in a grassland dark gray chernozem soil as influenced by N and S fertilization. *Canadian Journal of Soil Science* **79**:317-320.
- Oberson, A., Friesen, D.K., Tiessen, H., Morel, C. and Stahel, W. (1999). Phosphorus status and cycling in native savanna and improved pastures on an acid low-P Colombian oxisol. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **55**:77-88.

- Reiners, W.A., Bouwman, A.F., Parsons, W.F.J. and Keller, M. (1994). Tropical rain forest conversion to pasture: Changes in vegetation and soil properties. *Ecological Applications* **4**:363-377.
- Ridley, A.M., Slattery, W.J., Halyar, K.R. and Cowling, A. (1990). The importance of the carbon cycle to acidification of grazed animal pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **30**:529-537.
- Rixon, A.J. (1966). Soil fertility changes in a redbrown earth under irrigated pastures. *Australian Journal of Agricultural Research* **17**:303-316.
- Russell, J.S. (1960). Soil fertility changes in the long term experimental plots at Kybybolite, South Australia. I. Changes in pH, total nitrogen, organic carbon and bulk density. *Australian Journal of Agricultural Research* **11**:902-926.
- Schuman, G.E., Reeder, J.D., Manley, J.T., Hart, R.H. and Manley, W.A. (1999). Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. *Ecological Applications* **9**:65-71.
- Shiel, R.S. (1986). Variation in amounts of carbon and nitrogen associated with particle size fractions of soils from the Palace Leas meadow hay plots. *Journal of Soil Science* **37**:249-257.
- Skjemstad, J.O., Catchpoole, V.R., Feuvre, R.P.I. and Le Feuvre, R.P. (1994). Carbon dynamics in Vertisols under several crops as assessed by natural abundance  $^{13}\text{C}$ . *Australian Journal of Soil Research* **32**:311-321.
- Smoliak, S., Dormaar, J.F. and Johnston, A. (1972). Long-term grazing effects on Stipa-Bouteloua prairie soils. *Journal of Range Management* **25**:246-250.
- Trumbore, S.E., Davidson, E.A., Barbosa De Camargo, P., Nepstad, D.C. and Martinelli, L.A. (1995). Below-ground cycling of carbon in forests and pastures of Eastern Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles* **9**:515-528.
- Veldkamp, E. (1994). Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. *Soil Science Society of America Journal* **58**:175-180.
- Walker, T.W., Thapa, B.K. and Adams, A.F.R. (1959). Studies on soil organic matter. 3. Accumulation of carbon, nitrogen, sulphur, organic and total phosphorous in improved grassland soils. *Soil Science* **87**:135-140.
- Wang, Y. and Chen, Z. (1998). Distribution of soil organic carbon in the major grasslands of Xilinguole, Inner Mongolia, China. *Acta Phytoecologica Sinica* **22**:545-551.
- Wood, K.M., and Blackburn, W.H. (1984). Vegetation and soil responses to cattle grazing systems in the Texas rolling plains. *Journal of Range Management* **37**:303-308