

CAPÍTULO 8

ASENTAMIENTOS

Autores

Jennifer C. Jenkins (Estados Unidos), Hector Daniel Ginzo (Argentina), Stephen M. Ogle (Estados Unidos), y Louis V. Verchot (ICRAF/Estados Unidos)

Mariko Handa (Japón) y Atsushi Tsunekawa (Japón)

Índice

8	Asentamientos	
8.1	Introducción	5
8.2	Asentamientos Que Permanecen Como Tales.....	6
8.2.1	Biomasa.....	6
8.2.2	Materia Orgánica Muerta	13
8.2.3	Carbono Del Suelo	15
8.3	Tierras Convertidas En Asentamientos.....	19
8.3.1	Biomasa.....	20
8.3.2	Materia Orgánica Muerta	22
8.3.3	Carbono Del Suelo	27
8.4	Exhaustividad, Series Temporales, Gc/Cc Y Generación De Informes	29
8.4.1	Exhaustividad.....	29
8.4.2	Desarrollo De Una Serie Temporal Coherente.....	30
8.4.3	Garantía De Calidad / Control De Calidad Del Inventario.....	30
8.4.4	Generación De Informes Y Documentación	30
8.5	Base Para Su Futuro Desarrollo Metodológico.....	31

Ecuaciones

Ecuación 8.1	Cambios anuales en el carbono de los depósitos de biomasa viva en asentamientos que permanecen como tales	8.7
Ecuación 8.2	Incremento anual de la biomasa sobre la base del total de superficie de cobertura de las copas.....	8.7
Ecuación 8.3	Crecimiento anual de la biomasa sobre la base de la cantidad de plantas leñosas individuales por clases generales.....	8.8

Cuadros

Cuadro 8.1	Tasa de crecimiento por defecto para el Nivel 2a, basadas en superficie de cobertura de copas (CRW) para cobertura de copas en árboles urbanos por región	8.10
Cuadro 8.2	Acumulación anual de carbono promedio por defecto para el Nivel 2b por árbol en árboles urbanos por clases de especies.....	8.10
Cuadro 8.3	Datos de la actividad por defecto por tipo de vegetación natural potencial (PNV) (Kuchler, 1969) para establecer el porcentaje de cobertura arbórea.....	8.11

Cuadro 8.4 Existencias de carbono en la biomasa por defecto que se eliminan debido a la conversión
en asentamientos 8.21

8 ASENTAMIENTOS

8.1 INTRODUCCIÓN

En este Capítulo se proporcionan métodos para estimar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero relacionados con cambios en la biomasa, la materia orgánica muerta (DOM) y el carbono del suelo en tierras clasificadas como asentamientos. Los asentamientos se definen en el Capítulo 3 como toda la tierra desarrollada —es decir, la infraestructura residencial, de transporte, comercial y de producción (comercial, fabricación) de cualquier tamaño— a menos que ya esté incluida en otras categorías del uso de la tierra. La categoría de uso de la tierra Asentamientos incluye suelos, vegetación herbácea perenne como el césped y las plantas de los jardines, los árboles de los asentamientos rurales, los jardines de las haciendas y áreas rurales. Entre los ejemplos de asentamientos se incluyen las tierras existentes a lo largo de las calles, en canchales residenciales y comerciales (rurales y urbanos), en jardines públicos y privados, en campos de golf y campos de deportes, y en parques, siempre que tales tierras estén funcional o administrativamente ligadas con ciudades, pueblos y otros tipos de asentamientos en particular y que no se las contabilice en otra categoría del uso de la tierra. Véase el Capítulo 3 en cuanto a las directrices para las declaraciones y a la definición de las seis categorías de uso de la tierra.

Aproximadamente el 2% de la superficie terrestre de la Tierra está cubierto por áreas urbanas que le sirven de hogar a más de 3.000 millones de personas. Actualmente, más de la mitad de la población mundial vive en ciudades y se prevé que este número se duplique en un plazo de 50 años (Crane y Kinzig, 2005). En muchas regiones, la tierra clasificada como urbana, en base a la densidad de la población o a los límites de la ciudad, no es más que un subconjunto de la tierra que puede clasificarse como asentamientos aplicando el criterio antes descrito. Estas áreas de asentamientos menos densos pueden extenderse mucho más allá del límite de una ciudad según está definido oficialmente y, en muchas regiones, sus superficies están extendiéndose rápidamente (Elvidge *et al.*, 2004; Gallo *et al.*, 2004; Theobald, 2004). En áreas que son predominantemente rurales, aunque los usos de la tierra no estén cambiando con rapidez, la tierra destinada a usos residenciales puede ocupar una porción significativa del paisaje. Las transiciones de Tierras forestales, Tierras de cultivo y Pastizales a Asentamientos pueden ejercer un impacto importante sobre las existencias y los flujos de carbono (Imhoff *et al.*, 2000; Milesi *et al.*, 2003).

La gestión de la vegetación en los asentamientos puede significar ganancias, pérdidas o transferencias de carbono entre los depósitos en cuestión. Por ejemplo, las ramas que se quitan durante la poda o los recortes del césped (pérdidas de biomasa) pueden dejarse en el lugar (transferencia a hojarasca), pueden eliminarse como desechos sólidos (transferencia a desechos) o pueden quemarse (emisión). Las emisiones de los respectivos gases de efecto invernadero se contabilizan en las secciones correspondiente de la presente orientación. Por ejemplo, el Cuadro 2.3 del Capítulo 2, Volumen 5 (Desechos), incluye residuos de madera y de jardín en las estadísticas a escala nacional que describen el destino de los desechos sólidos municipales a escala nacional. La biomasa que se quita como madera combustible de los árboles de los asentamientos y que se usa como combustible se contabiliza en el Sector Energía. El efecto neto de la conversión o la gestión que conducen a un incremento, por un lado, o a una pérdida (como por quemado y descomposición), por el otro, determina el balance general de C de los asentamientos.

Los suelos y la DOM en los *Asentamientos que permanecen como tales* o en las *Tierras convertidas en asentamientos* pueden ser fuentes o sumideros de CO₂, según el uso anterior de la tierra, del enterramiento o la remoción de la capa superior del suelo durante el desarrollo, de la gestión actual, particularmente respecto a aplicaciones de nutrientes y de agua, y del tipo y la cantidad de cobertura vegetal intercalada entre las calles, los edificios y la respectiva infraestructura (Goldman *et al.*, 1995; Jo, 2002; Pouyat *et al.*, 2002; Qian and Follett, 2002; Kaye *et al.*, 2004; Kaye *et al.*, 2005).

En las *Directrices del IPCC de 1996* estaba cubierta la biomasa aérea de los árboles en los asentamientos rurales, pero no las demás categorías ni depósitos de los asentamientos.

Las *Directrices del IPCC de 2006* difieren de las incluidas en la *GPG-LULUCF* en lo siguiente:

- Las metodologías de análisis y de detalle se pasaron del Apéndice al texto principal y se consideraron parte del sector de fuentes de emisión o absorción de gases de efecto invernadero;
- Se han ampliado el análisis y las metodologías para incluir los cinco depósitos de biomasa descritos en el Capítulo 1;
- Se presentan las metodologías por defecto del Nivel 1;

- Desde la *GPG-LULUCF*, se ha publicado información adicional apropiada para los Niveles 2 y 3, y se la incluye aquí; y
- Se incluye un análisis más amplio sobre el desarrollo y la aplicación de metodologías y valores de Niveles 2 y 3 específicos del país, incluidos métodos para trabajar con datos de la actividad más detallados.

Los depósitos de carbono estimados para Asentamientos son la biomasa aérea y subterránea, la DOM y los suelos. En las Secciones 8.2 y 8.3, respectivamente, se describen las metodologías para estimar los cambios en las existencias de carbono de los *Asentamientos que permanecen como tales* y para estimar las existencias de carbono en *Tierras convertidas en asentamientos*. La metodología de la segunda sección es muy aplicable a las *Tierras convertidas en asentamientos* de cualquier otro tipo de tierras.

8.2 ASENTAMIENTOS QUE PERMANECEN COMO TALES

Esta categoría se refiere a todas las clases de formaciones urbanas que se han estado usando como asentamientos (p. ej., áreas que están funcional o administrativamente relacionadas con tierras públicas o privadas en ciudades, pueblos u otros tipos de asentamientos), desde la última vez en que se recabaron datos. Las emisiones y absorciones de CO₂ de esta categoría se estiman por medio de las subcategorías de cambios en las existencias de carbono de la biomasa (tanto componentes leñosos como perennes no leñosos), en la DOM y en los suelos, como se resume en la Ecuación 2.3 del Capítulo 2.

El depósito de biomasa en los asentamientos tiene componentes leñosos y herbáceos. En cuanto a la biomasa leñosa, los cambios en las existencias de carbono se calculan como la diferencia entre el incremento y la pérdida de biomasa debido a las actividades de gestión. Respecto a la biomasa herbácea (como el césped o las plantas de los jardines) en *Asentamientos que permanecen como tales*, habitualmente, se supone que los cambios en las existencias de carbono equivalen a cero.

El depósito de DOM en los asentamientos contiene madera muerta y hojarasca procedentes de componentes leñosos y herbáceos. En cuanto a la vegetación leñosa, los cambios en este depósito pueden cuantificarse como la producción de hojarasca gruesa y fina procedente de plantas leñosas. Respecto a la vegetación herbácea, la producción anual de DOM se estima como la acumulación de paja más la producción de material herbáceo como residuos y recortes de jardines. Las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con el Sector Desechos se estiman en el Volumen 5 (Desechos) y, por lo tanto, los métodos descritos en este Capítulo se refieren solamente a aquellos componentes de la producción anual que, razonablemente, es de esperar que permanezcan en el sitio.

Los depósitos de C de los suelos varían con el tiempo, según el balance entre las entradas de C de la hojarasca vegetal y de otras formas de materia orgánica, y de las salidas de C resultantes de la descomposición, la erosión y la lixiviación. Estimar el impacto de la gestión del asentamiento sobre el depósito de C en el suelo va a resultar de particular importancia en países con una gran porción de tierra en ciudades y pueblos, o con altas tasas de expansión de los asentamientos. En cuanto a los suelos minerales, el impacto del uso y la gestión de la tierra en asentamientos sobre las existencias de C puede estimarse sobre la base de las diferencias en depósito entre las clases de cobertura del asentamiento respecto a una condición de referencia, como las tierras nativas. Aunque es menos habitual que los suelos orgánicos se utilicen para asentamientos, estos suelos emiten C si se los drena para su desarrollo debido a una acentuada descomposición, similar al efecto del drenaje con propósitos agrícolas (Armentano, 1986). Además, es posible que se coseche turba de los suelos orgánicos durante el desarrollo de un asentamiento, lo que también genera emisiones a la atmósfera.

8.2.1 Biomasa

8.2.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Para el cálculo de los cambios en las existencias de carbono en la biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales* se sigue el método de la Ecuación 2.7 del Capítulo 2. Por este método, se estiman los cambios en las existencias de carbono en la biomasa, contabilizando las ganancias en las existencias de carbono en la biomasa resultantes del crecimiento menos las pérdidas en existencias de carbono producidas por la poda y la mortalidad. Según las magnitudes relativas de los términos de incremento y pérdida, los cambios anuales promedio de las existencias de carbono en biomasa de los asentamientos pueden ser positivos o negativos.

Los cambios de la biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales* equivalen a la suma de los cambios ocurridos en la biomasa de los tres componentes: árboles, arbustos y herbáceas perennes (p. ej.; césped y plantas de jardín), como se muestra en la Ecuación 8.1.

ECUACIÓN 8.1
CAMBIOS ANUALES EN EL CARBONO DE LOS DEPÓSITOS DE BIOMASA VIVA EN ASENTAMIENTOS QUE PERMANECEN COMO TALES

$$\Delta C_B = \Delta C_{\text{Árboles}} + \Delta C_{\text{Arbustos}} + \Delta C_{\text{Hierbas}}$$

Donde:

ΔC_B = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

$\Delta C_{\text{Árboles}}$ = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en árboles en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

$\Delta C_{\text{Arbustos}}$ = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en arbustos en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

$\Delta C_{\text{Hierbas}}$ = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de la biomasa herbácea en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

Según la disponibilidad de los respectivos datos de la actividad y de factores de emisión apropiados, se podrá usar cualquiera de los niveles metodológicos que se describen a continuación. En la Figura 2.2 del Capítulo 2 también se brinda orientación para la identificación del nivel apropiado para estimar cambios en el carbono de la biomasa.

Nivel 1

En el Nivel 1 se supone que no hay cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva en *Asentamientos que permanecen como tales*; en otras palabras, que los términos de crecimiento y pérdida se equilibran. Si se determina que la categoría *Asentamientos que permanecen como tales* es una categoría principal, entonces el país debe recabar los datos de la actividad que corresponda y/o desarrollar factores de emisión adecuados para la región y adoptar los Niveles 2 o 3.

Nivel 2

Hay dos opciones para la estimación de Nivel 2 de los cambios en la biomasa de *Asentamientos que permanecen como tales*. En el Nivel 2a, se emplean los cambios en las existencias de carbono por unidad de la superficie de cobertura de las copas vegetales como factor de remoción y, en el Nivel 2b, se emplean los cambios en las existencias de carbono por cantidad de plantas como factor de remoción. La elección del método depende de la disponibilidad de datos de la actividad. Tanto el Nivel 2a como el Nivel 2b ofrecen métodos para estimar ΔC_G en la Ecuación 2.7 (Método de ganancias y pérdidas). Es apropiado para países que no cuentan con un inventario continuo de *Asentamientos que permanecen como tales*.

Los principales tipos de perennes son árboles, arbustos y herbáceas (como el césped y las plantas de jardín). Los métodos que aquí se presentan fijan el cambio en la biomasa de las herbáceas anuales en cero para *Asentamientos que permanecen como tales* sobre la base de que el crecimiento de la biomasa en las herbáceas (sean de vegetación perenne o anual) es equivalente a la pérdida por cosecha o mortalidad. Los países pueden optar por definir los tipos de árboles y de leñosas perennes según resulte apropiado y cada tipo se puede subdividir en clases definidas según las especies, la zona climática, la estacionalidad u otros criterios que resulten apropiados y si se dispone de datos.

Nivel 2a: Método para determinar la superficie de cobertura de las copas

Este método se representa con la Ecuación 8.2 y debe utilizarse cuando se disponga de datos sobre la superficie total de cobertura de las copas en tipos perennes (j) y otras clases (i) de los *Asentamientos que permanecen como tales*.

ECUACIÓN 8.2
INCREMENTO ANUAL DE LA BIOMASA SOBRE LA BASE DEL TOTAL DE SUPERFICIE DE COBERTURA DE LAS COPAS

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} AT_{i,j} \cdot CRW_{i,j}$$

Donde:

ΔC_G = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

AT_{ij} = total de superficie de cobertura de las copas de la clase *i* en el tipo *j* de leñosas perennes¹, há

CRW_{ij} = tasa de crecimiento, basada en la superficie de cobertura de copas, de la clase *i* en el tipo *j* de leñosas perennes, ton C (há de cobertura de copas)⁻¹ año⁻¹

Nivel 2b: Método de crecimiento de plantas individuales²

El método está representado por la Ecuación 8.3 y debe utilizarse donde se disponga de datos sobre la cantidad de plantas leñosas por clases de especies en general en *Asentamientos que permanecen como tales*. Cuando se realizan estimaciones para árboles, es posible convertir entre los métodos empleados en los Niveles 2a y 2b suponiendo que un árbol en particular en una zona urbana cubre aproximadamente 50 m² de superficie de copa en su madurez (cf. Akbari, 2002).

ECUACIÓN 8.3 CRECIMIENTO ANUAL DE LA BIOMASA SOBRE LA BASE DE LA CANTIDAD DE PLANTAS LEÑOSAS INDIVIDUALES POR CLASES GENERALES

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} NT_{i,j} \cdot C_{i,j}$$

Donde:

ΔC_G = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa viva en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

NT_{ij} = cantidad de ejemplares individuales de la clase *i* del tipo perenne *j*

C_{ij} = promedio anual de acumulación de carbono por la clase *i* del tipo perenne *j*, ton C año⁻¹ por ejemplar

Nivel 3

Los métodos del Nivel 3 se pueden basar en los del Nivel 2 citados precedentemente (Ecuaciones 8.2 y 8.3) con mediciones más detalladas de parámetros a nivel desagregado para diferentes sistemas de asentamientos, tales como parques, zonas residenciales rurales o urbanas, avenidas, etc., o en el método de diferencia de existencias sobre la base de la Ecuación 2.8. Los cambios en las existencias de carbono se estiman en dos momentos diferentes, en los que los cambios dan cuenta de las ganancias y las pérdidas de carbono de la biomasa. El enfoque genérico de este método requiere el uso de factores de expansión de la biomasa específicos para bosques (BEF) que no son aplicables a los asentamientos. Los países que deseen utilizar el método de diferencia de existencias para estimar los cambios de la biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales* deben considerar la posibilidad de emplear métodos alométricos, como lo basados en el diámetro de cada árbol en particular a la altura del tórax (dbh, del inglés *diameter at breast height*) (Jenkins *et al.*, 2004), ajustado para árboles crecidos en espacios abiertos como se describiera antes, y no a BEF específicos para bosques, para estimar la biomasa de los árboles.

8.2.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Existen pocas ecuaciones alométricas referidas a la biomasa específicamente para árboles y arbustos en ambientes urbanos (Nowak, 1996; Jo, 2002), por lo que los investigadores tendieron a aplicar ecuaciones derivadas de árboles de bosques, y ajustaron los valores de biomasa resultantes con un coeficiente (como 0,8 [Nowak, 1994; Nowak y Crane, 2002]) destinado a considerar la alometría de los árboles crecidos en espacios abiertos en ciudades, donde la biomasa aérea para un diámetro dado suele ser menor que en los árboles crecidos en bosques (Nowak, 1996). Existen ecuaciones alométricas para algunas especies de arbustos, pero no se las ha aplicado de forma rutinaria a los ambientes urbanos (Smith and Brand, 1983; Nowak *et al.*, 2002 para estimaciones de biomasa en hojas de arbustos). La biomasa subterránea de los árboles puede derivarse de la biomasa aérea multiplicando esta última por una relación tallo: raíz, como lo describieran Cairns *et al.* (1997) y como lo aplicaran para ambientes urbanos Nowak *et al.* (2002). véase el Capítulo 4 (Tierras forestales) en cuanto a ejemplos de relaciones raíz: tallo (R) (también llamadas relaciones biomasa subterránea / biomasa

¹ Cuando se hace referencia a perennes leñosas se incluyen árboles a menos que se especifique lo contrario.

² Cuando se hace referencia a plantas se incluyen árboles a menos que se especifique lo contrario.

aérea) que se usan habitualmente en ambientes forestales. Se puede suponer que las relaciones apropiadas a la región se aplican sin modificación alguna a los asentamientos.

El crecimiento y la mortalidad de los árboles en los asentamientos pueden verse afectados por condiciones urbanas, tales como variaciones en la calidad del aire local, deposiciones atmosféricas, concentraciones mejoradas de CO₂ en la atmósfera, y un reducido intercambio de aire en la zona de la raíz debido a superficies de pavimentación impermeables (p. ej., Pouyat *et al.*, 1995; Idso *et al.*, 1998; Idso *et al.*, 2001; Gregg *et al.*, 2003; Pouyat and Carreiro, 2003). Por lo tanto, en la medida de lo posible, los valores y las ecuaciones utilizados para predecir el crecimiento de los árboles en asentamientos a niveles superiores deben incluir un margen para tener en cuenta al ambiente del lugar y la condición de los árboles.

El carbono depositado en los componentes leñosos de los árboles constituye el mayor compartimiento de existencias de biomasa en pie y de incremento anual de biomasa en los asentamientos. Los datos siguen siendo escasos, pero su disponibilidad va en aumento. Por ejemplo, Nowak y Crane (2002) estimaron, abarcando toda una ciudad, que el almacenamiento anual neto de carbono por parte de los árboles en ciudades de los estados colindantes de los EEUU osciló entre 600 y 32 200 toneladas C año⁻¹. Jo (2002) halló que la cantidad de C secuestrada anualmente en tres ciudades coreanas varió entre 2 900 y 40 300 toneladas. En Australia, Brack (2002) estimó que el C secuestrado por árboles en Canberra entre 2008 y 2012 sería de 6 000 toneladas de C año⁻¹. Está claro que las estimaciones dependen de la definición y, por ende, de la extensión de las superficies de asentamientos que se consideren.

La variación es menor por unidad de superficie de terreno; para diez ciudades de los Estados Unidos, las mediciones de C almacenado en biomasa leñosa oscilaron entre 150 y 940 kg C há⁻¹ año⁻¹ (Nowak y Crane, 2002) y, para tres ciudades coreanas, el C almacenado anualmente en biomasa leñosa varió entre 530 y 800 kg C há⁻¹ año⁻¹ (Jo, 2002). Los árboles de los canteros urbanos de Colorado (EEUU) almacenaron 1 590 kg C há⁻¹ año⁻¹ (Kaye *et al.*, 2005). La variación es aun menor en las estimaciones de almacenamiento anual de C por unidad de cobertura de copas arbóreas. Nowak y Crane (2002) descubrieron que las tasas de secuestro anual oscilaban entre 0,12 y 0,26 kg C m⁻² de cobertura de copas año⁻¹, mientras que Brack (2002) utilizó un modelo para estimar que el secuestro anual en Canberra entre 2008 y 2012 sería de 0,27 kg C m⁻² año⁻¹.

Nivel 1

En este método se supone, quizá conservadoramente, que los cambios en las existencias de carbono de la biomasa debidos al crecimiento de ésta se compensan totalmente con las reducciones en las existencias de carbono debidas a remociones (es decir, por cosecha, poda, recorte) de biomasa tanto viva como muerta (p. ej., madera combustible, ramas rotas, etc.). Por lo tanto, en un método del Nivel 1, $\Delta C_G = \Delta C_L$ y, para todos los componentes vegetales, y $\Delta C_B = 0$ en la Ecuación 2.7.

Nivel 2

Árboles

El Nivel 2 requiere valores de parámetros para CRW_{ij} (Ecuación 8.2) y C_{ij} (Ecuación 8.3). Habitualmente, un factor de remoción por defecto para la biomasa arbórea (CRW) de 2,9 ton C (há de cobertura de copas)⁻¹ año⁻¹ resulta apropiado para el Nivel 2a (véase el Cuadro 8.1). Esta estimación se basa en una muestra de diez ciudades de los EEUU, con valores que oscilaban entre 1,8 y 3,4 ton C (há de cobertura de copas)⁻¹ año⁻¹ (Nowak y Crane, 2002). También se pueden desarrollar valores adecuados a las circunstancias nacionales. Usando el Nivel 2b, el factor de remoción es C_{ij}. En el Cuadro 8.2 se suministran tasas de acumulación de carbono por defecto para clases de especies arbóreas a utilizar en el Nivel 2b. Estas estimaciones están basadas en distintas ecuaciones alométricas y en datos de campo limitados de zonas urbanas de los EEUU y son promedios para árboles de todos los tamaños (no sólo para árboles maduros). En los métodos de los Niveles 2a y 2b se suministran estimaciones de biomasa para el total combinado de biomasa leñosa subterránea y aérea. Si resulta necesario, la biomasa subterránea se puede estimar por separado empleando la relación raíz: tallo de 0,26 (Nowak *et al.*, 2002).

Para los Niveles 2a y 2b, se supone que ΔC_L , donde la edad promedio de la población arbórea es menor o igual a 20 años, equivale a cero. Esto se basa en la hipótesis de que los árboles urbanos son sumideros netos para el carbono cuando están en su período de crecimiento activo (AGP, del inglés *active growth period*) y que éste es de aproximadamente 20 años, según las especies de árboles, la densidad de la plantación y su ubicación. A partir de allí, el método supone que la acumulación de carbono en la biomasa se hace más lenta con la edad y que, por ende, para árboles que hayan superado el AGP, se supone que los incrementos de carbono de la biomasa se ven compensados por las pérdidas resultantes de la poda y de la mortalidad. Para árboles que hayan superado el AGP, esto se tiene en cuenta, conservadoramente, considerando que $\Delta C_{G_{madera}} = \Delta C_{L_{madera}}$. Los países pueden definir el AGP según sus circunstancias.

Otros tipos de perennes leñosos

Para los distintos tipos de perennes, los países pueden desarrollar sus propios valores de CRW_{ij} (en la Ecuación 8.2) y C_{ij} (en la Ecuación 8.3). También se puede suponer, conservadoramente, que no hay cambios en ninguno de estos componentes (es decir que $CRW_{ij} = 0$ y $C_{ij} = 0$).

Tanto en el Nivel 2a como en el 2b se supone que no hay cambios en la biomasa herbácea. Empleando este método, $\Delta C_{G_{Hierbas}} = \Delta C_{L_{Hierbas}}$ y ΔC_B se basa en la diferencia entre el incremento y las pérdidas sólo de biomasa leñosa.

Nivel 3

Para el Nivel 3, los países deberán desarrollar factores de incremento de biomasa específicos para los distintos tipo de vegetales y apropiados a las circunstancias nacionales. Los parámetros y las ecuaciones de crecimiento específicos de un país deben basarse en las zonas climáticas dominantes y en la particular composición en especies de las principales zonas de asentamientos del país, antes de realizar estimaciones para asentamientos menos extensos. Si los parámetros de incremento de biomasa específicos de un país se desarrollan a partir de estimaciones de biomasa basadas en materia seca, requieren conversiones a unidades de carbono utilizando una fracción de carbono por defecto (CF) de 0,5 ton C (ton d.m.)⁻¹ o una fracción de carbono que resulte más apropiada a las circunstancias.

A niveles más altos, deben evaluarse y modificarse las hipótesis para ΔC_L para ajustarlas mejor a las circunstancias nacionales. Por ejemplo, los países pueden contar con información sobre pérdidas de carbono dependientes de la edad y/o específicas por especie de los árboles de los asentamientos. En este caso, los países deben desarrollar un término de pérdida y documentar los recursos y la justificación lógica empleados en su desarrollo.

Si un país adopta el método de diferencia de existencias (Ecuación 2.8), debe contar con muestreos representativos y con un sistema de mediciones periódicas para estimar los cambios en las existencias de C de la biomasa.

CUADRO 8.1 TASA DE CRECIMIENTO POR DEFECTO PARA EL NIVEL 2A, BASADAS EN SUPERFICIE DE COBERTURA DE COPAS (CRW) PARA COBERTURA DE COPAS EN ÁRBOLES URBANOS POR REGIÓN	
Región	Acumulación anual de carbono por defecto por há de cobertura de copas [ton C (há cobertura de copa)⁻¹ año⁻¹]
Estados Unidos (valor por defecto global)	2,9 ^a
Australia	3,6 ^b

^a Nowak y Crane 2002; promedio de 10 ciudades de los Estados Unidos.
^b Brack 2002; análisis de modelización en Canberra.

CUADRO 8.2 ACUMULACIÓN ANUAL DE CARBONO PROMEDIO POR DEFECTO PARA EL NIVEL 2B POR ÁRBOL EN ÁRBOLES URBANOS POR CLASES DE ESPECIES	
Clases de especies en general	Acumulación anual de carbono por defecto por árbol (ton C año⁻¹)
Álamo	0,0096
Arce blando	0,0118
Mezcla de maderas duras	0,0100
Arce de madera dura	0,0142
Enebro	0,0033
Cedro/alerce	0,0072
Abeto de Douglas	0,0122
Abeto blanco/Cicuta	0,0104
Pino	0,0087
Picea	0,0092

Fuente: D. Nowak (2002; comunicación personal)

8.2.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Nivel 1

No se requieren datos de la actividad.

Nivel 2

Los datos de actividad requeridos para aplicar el método de Nivel 2 son AT_{ij} , la superficie de cobertura de copas para cada clase dentro de un tipo de perennes (Ecuación 8.2) o NT_{ij} , la cantidad de ejemplares individuales en cada clase en un tipo de perennes (Ecuación 8.3). La cobertura de copas se define como el porcentaje del suelo cubierto por una proyección vertical del perímetro exterior del alcance natural del follaje. Para el Nivel 2a, los datos de superficie de la cobertura de copas (AT_{ij}) pueden obtenerse a partir de fotografías aéreas de áreas urbanas, siempre que se disponga de la opinión de expertos en fotointerpretación, de muestreos por imágenes y de mediciones de superficie (Nowak *et al.*, 1996). Los valores en porcentajes de cobertura de copas deben convertirse en superficie total de cobertura de copas para su empleo en la Ecuación 8.2 multiplicando la cobertura de copas porcentual por la superficie total de los ejemplares (árboles o arbustos) dentro del perímetro exterior máximo.

Si no se dispone de datos para determinar la cobertura de copas porcentual, entonces se pueden usar datos de la actividad por defecto. Este enfoque implica aprovechar la ventaja de que se observó que los asentamientos que se encuentran en diferentes biomas, según lo definido por la diferente vegetación natural potencial o PNV (Kuchler, 1969), tienen valores similares en cuanto a cobertura porcentual de los árboles, total de espacios verdes, y espacio verde forestal (Nowak *et al.*, 1996) (Cuadro 8.3). Los asentamientos que se encuentran en regiones donde la PNV es forestal, por ejemplo, tienen valores porcentuales de cobertura arbórea sustancialmente más altos que aquellos donde la PNV es desértico (Cuadro 8.3). En el Cuadro 8.3, el porcentaje total de espacio verde se refiere a la proporción de la superficie del terreno cubierta por vegetación o suelo (es decir, no superficies impermeables ni agua), mientras que el espacio verde forestal es la proporción de ese espacio verde cubierta de vegetación arbórea (calculada como porcentaje de cobertura arbórea/porcentaje total de espacio verde). Los datos por defecto de cobertura porcentual de copas deben multiplicarse por la superficie del asentamiento y usarse con las tasas de crecimiento por defecto del Cuadro 8.1, en una versión simplificada de la Ecuación 8.2, para estimar la acumulación anual de carbono en el tipo de árboles perennes. Los datos referidos al porcentaje total de espacio verde y de espacio verde arbóreo del Cuadro 8.3 no son necesarios en un método de Nivel 2 para estimar las existencias de carbono en biomasa, pero pueden resultar útiles para realizar la referencia cruzada.

En cuanto al Nivel 2b, se pueden obtener registros de poblaciones vegetales, desagregados por especies o por clases generales de especies, de los organismos municipales que se ocupan de la vegetación urbana o mediante métodos de muestreo.

Nivel 3

En el Nivel 3, el tipo de datos de la actividad a recabar depende de los enfoques metodológicos que se utilicen. Si se emplea el método de diferencia de existencias, resulta necesario desagregar y estimar las superficies bajo diferentes tipos de vegetación (parques, asentamientos rurales o urbanos, avenidas, campos de juego, etc.) empleando técnicas de detección a distancia en diferentes climas o indicadores de desarrollo económico. Cuanto más alto sea el nivel a usar, más desagregados serán los datos de la actividad y más precisos los métodos de estimación. Para esto, se pueden utilizar los métodos de muestreo descritos en el Capítulo 3, Anexo 3A.3.

Vegetación natural potencial (PNV)	Porcentaje de cobertura arbórea (± E.E.)	Porcentaje total de espacio verde (± E.E.)	Porcentaje de espacio verde arbóreo (± E.E.)
Bosque	31,1 (± 2,6)	58,4 (± 2,9)	50,9 (± 3,3)
Pastizales	18,9 (± 1,5)	54,8 (± 2,1)	32,9 (± 2,3)
Desierto	9,9 (± 2,4)	64,8 (± 4,2)	16,9 (± 4,6)
Fuente: Nowak <i>et al.</i> (1996)			

RESUMEN PASO A PASO DEL MÉTODO PARA ESTIMAR CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS DE BIOMASA

Nivel 1

En la metodología del Nivel 1 se supone que no hay cambios en las existencias de biomasa de los *Asentamientos que permanecen como tales*.

Nivel 2

Método A: Método para determinar la superficie de cobertura de las copas

Paso 1: Definir la superficie total de cobertura de copas para cada tipo de perennes leñosos del asentamiento. Si no se dispone de datos para todos los tipos, el método puede aplicarse sólo a los árboles, fijando la superficie de los demás tipos de perennes en cero. Se pueden aplicar los datos de la actividad por defecto en cuanto a cobertura de árboles usando el Cuadro 8.3. Para estimar el total de la cobertura de copas arbóreas en un asentamiento ubicado en una región donde la PNV es de pastizales, por ejemplo, multiplicar la superficie total del asentamiento por 18,9%, porcentaje promedio de cobertura arbórea para asentamientos ubicados en zonas donde la PNV es de pastizales, según el Cuadro 8.3. La superficie total de cobertura de copas de toda la vegetación (incluyendo árboles) se calcula como (total de superficie de espacio verde = porcentaje de espacio verde x superficie del asentamiento) y la cobertura de copas agregada de los demás tipos de vegetación perenne es la diferencia entre la superficie total de espacio verde y la superficie cubierta de copas arbóreas.

Paso 2: Calcular ΔC_G para cada tipo de perennes, aplicando la Ecuación 8.2. Se debe usar la superficie de cobertura de copas arbóreas obtenida en el Paso 1 para los tipos perennes arbóreas. Los países pueden aplicar un valor por defecto de CRW para árboles del Cuadro 8.1; deben desarrollar y aplicar sus propios valores para CRW_{ij} . Sólo se dispone de valores por defecto para CRW en cuanto al componente arbóreo de la vegetación. Si no existen valores de CRW para otros tipos de perennes y no se los puede desarrollar, o si los datos de la actividad para estos tipos no existen, estos parámetros pueden fijarse en cero y estimarse solamente el componente arbóreo del crecimiento de la biomasa.

Paso 3: Calcular ΔC_L para componentes vegetales, a usarse en la Ecuación 2.7 del Capítulo 2. Para los componentes arbóreos de la vegetación, es una *buena práctica* fijar el valor como equivalente a cero cuando la edad promedio de la población arbórea sea menor o igual que el período de crecimiento activo (AGP; véase la Sección 8.2.1.2). Si la edad promedio de los árboles es mayor que el AGP, entonces se supone que $\Delta C_G = \Delta C_L$ o se utilizarán datos específicos de la situación. A falta de datos que indiquen lo contrario, suponer que $\Delta C_G = \Delta C_L$ para arbustos y plantas herbáceas.

Paso 4: Usar los valores obtenidos para ΔC_G y ΔC_L en la Ecuación 2.7 del Capítulo 2 para cuantificar el cambio total en carbono de la biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales*.

Método B: Método para crecimiento de plantas individuales

Paso 1: Estimar la cantidad de ejemplares de los *Asentamientos que permanecen como tales* para cada tipo de perennes (p. ej., árboles, arbustos y plantas herbáceas). Si no se dispone de datos para todos los tipos de perennes, el método de mínimo es utilizar sólo los datos de los árboles, fijar la cantidad de ejemplares de los demás tipos de perennes en cero. No hay datos de la actividad por defecto para este método.

Paso 2: Empleando la Ecuación 8.3, multiplicar cada estimación por la tasa apropiada de incremento de carbono por planta (C_{ij}) para obtener la cantidad de carbono secuestrado por año. Los valores por defecto de C_{ij} se pueden encontrar en el Cuadro 8.2; no hay valores por defecto para especies de arbustos o herbáceas. Los países pueden optar por aplicar sus propios valores, si lo consideran apropiado, o por fijar los valores faltantes en cero y producir estimaciones solamente para árboles.

Paso 3: Como en la Ecuación 8.2, sumar la cantidad de carbono secuestrada, ΔC_G , por cada tipo de perenne de todas las clases presentes en los *Asentamientos que permanecen como tales*.

Paso 4: Utilizar la estimación de ΔC_G de la Ecuación 2.7 del Capítulo 2 para estimar los cambios anuales de existencias de carbono de la biomasa. Para árboles, fijar $\Delta C_L = 0$ si la edad promedio de la población de árboles es menor o igual que el período de crecimiento activo (AGP); si la edad promedio de los árboles es mayor que el AGP (Sección 8.2.1.2), entonces suponer que $\Delta C_G = \Delta C_L$ o usar datos específicos de la situación de que se trate.

Nivel 3

Un método de Nivel 3 requiere información más detallada que uno del Nivel 2, a saber:

- justificar los diferentes usos de la tierra dentro de los asentamientos (residencial, recreativo, industrial, etc.);
- estimaciones y modelos detallados en cuanto al crecimiento y la longevidad de las especies vegetales más importantes;
- destino de los restos de podas y de la materia muerta y demás biomasa que se transfiere al depósito de DOM; y
- otros elementos que resulten apropiados para las circunstancias nacionales.

8.2.1.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Nivel 1

No se requiere evaluación de incertidumbre porque los cambios en la biomasa viva se fijan en cero.

Niveles 2 y 3

La incertidumbre en general de cualquier estimación del cambio en las existencias de carbono de la biomasa viva es una combinación de las incertidumbres de los términos que la componen. Estos se verán influenciados por la heterogeneidad entre los tipos de uso de la tierra urbanos y dentro de cada uno de ellos, así como por la intensidad y la frecuencia de manejo de las plantas, tanto en los espacios públicos como en los privados. Es factible que la incertidumbre sea alta puesto que hay limitada experiencia en la medición de los cambios en las existencias de carbono en asentamientos urbanos y rurales. Los pocos estudios realizados sobre la capacidad de las ciudades como sumideros de CO₂ difieren en metodología y alcance, pero es poco factible que la relativa incertidumbre general de la estimación de cambios en las existencias de carbono sea de menos del 30 al 50% respecto a la media.

8.2.2 Materia orgánica muerta

La mayoría de los cambios en las existencias de carbono relacionados con la materia orgánica muerta (DOM) están relacionados con cambios en la cobertura arbórea de los asentamientos. Se suministran métodos para dos tipos de depósitos de DOM: 1) madera muerta y 2) hojarasca. El Capítulo 1 de este volumen proporciona definiciones detalladas de estos depósitos.

Los de madera muerta son depósitos diversos con muchos problemas prácticos para las mediciones de 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 agregada (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, brotes y ramitas, frutas, flores y corteza, menos la tasa anual de descomposición. La masa de hojarasca se ve influenciada por el tiempo transcurrido desde la última perturbación y por el tipo de perturbación. La gestión, incluida la recolección de madera y de hierbas, el quemado y el pastoreo alteran significativamente las propiedades de la hojarasca, pero hay pocos estudios que documenten claramente los efectos.

En comunidades de césped herbáceo perenne, se acumula una fina capa de paja sobre la superficie del suelo. La profundidad de esta capa depende del balance entre la acumulación (producción de pasto) y la descomposición, lo que varía sustancialmente según el clima y el régimen de gestión. Aunque se ha reconocido la función de esta capa (Raturi *et al.*, 2004), hasta el momento no se han publicado datos sobre el impacto general de la acumulación de carbono en este depósito de DOM sobre el nivel del paisaje. Como consecuencia, en estas *Directrices* se reconoce la potencial importancia de la paja en la DOM de los asentamientos, pero se supone que las entradas son equivalentes a las salidas, por lo que el cambio neto en las existencias de carbono es cero.

Aún no se han publicado estudios sobre la tasa de acumulación de materia muerta en asentamientos, aunque algunos estudios han descrito la producción de hojarasca de hojas en asentamientos (cf. Jo y McPherson, 1995). En los únicos datos por medición sobre este componente del flujo del carbono, Kaye *et al.* (2005) hallaron que la hojarasca de hojas y arbustos en los canchales residenciales de Colorado (EEUU) llegaba a un total de 49 g C m⁻² año⁻¹ o, aproximadamente, al 13% de la productividad aérea total (383 g C m⁻² año⁻¹). Considerando que lo habitual en los asentamientos es que la tasa de respiración del suelo sea alta comparada con la de los paisajes naturales (Koerner y Klopatek, 2002; Kaye *et al.*, 2005), es factible que la hojarasca fina caída se descomponga rápidamente. Por lo tanto, un enfoque conservador es fijar la tasa de acumulación del componente de hojarasca de la DOM en cero.

8.2.2.1 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). Cada uno de los depósitos de DOM se trata por separado, pero el método para determinar los cambios en cada depósito es el mismo. El árbol de decisión de la Figura 2.3 del Capítulo 2 ayuda a seleccionar el nivel apropiado.

Nivel 1

En el Nivel 1, se supone que la materia muerta y los depósitos de hojarasca están en el equilibrio y, por ende, no es necesario estimar los cambios en las existencias de carbono para estos depósitos. Se aconseja que los países

que experimenten cambios significativos en la cobertura arbórea de los asentamientos desarrollen datos nacionales para cuantificarlos y declararlos bajo la metodología 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 cambios en la cobertura arbórea. Se sugieren dos métodos para estimar los respectivos cambios en las existencias de carbono.

Método 1 (También llamado **Método de ganancias y pérdidas**, Ecuación 2.18 del Capítulo 2): Este método implica estimar la superficie de las categorías de asentamientos y el promedio anual de transferencia hacia y desde las existencias de madera muerta y hojarasca. Requiere una estimación de la superficie bajo *Asentamientos que permanecen como tales* según las diferentes zonas climáticas o ecológicas, o los tipos de asentamientos, regímenes de perturbaciones, regímenes de gestión, u otros factores que afecten significativamente los depósitos de carbono en madera muerta y hojarasca. También se requiere la cantidad de biomasa transferida a las existencias de madera muerta y hojarasca, así como la cantidad de biomasa transferida desde las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea, según los diferentes tipos de asentamientos.

Método 2 (También llamado **Método de diferencia de existencias**, Ecuación 2.19 del Capítulo 2): Este método implica estimar la superficie de asentamientos y las existencias de madera muerta y hojarasca en dos períodos 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 asentamientos. Este método es más apropiado para los países que adoptan los métodos de Nivel 3. Se emplean estos últimos 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 asentamientos y/o en modelos.

8.2.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Fracción de carbono: la fracción de carbono de la madera muerta y la hojarasca es variable, en particular en cuanto a hojarasca, y depende de la etapa de descomposición. Se puede usar un valor de $0,50 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ por defecto, en ambos casos.

Nivel 1

Los factores de emisión no son necesarios.

Nivel 2

Es una *buena práctica* utilizar datos de DOM de nivel nacional para diferentes categorías de asentamientos, en combinación con valores por defecto, si no se dispone de valores específicos del país o de la región respecto a algunas categorías de asentamientos. Los valores específicos del país para la transferencia de carbono de árboles y hierbas vivos a residuos de cosecha y de descomposición (en el caso del Método de ganancias y pérdidas) o del 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 los factores de expansión nacionales, los tipos de asentamientos, la tasa de utilización de la biomasa, la mortalidad, las prácticas de gestión y de cosecha, y la cantidad de vegetación deteriorada durante las operaciones de gestión y de cosecha.

Nivel 3

Los países deben desarrollar sus propias metodologías y parámetros para estimar los cambios de DOM. Estas metodologías pueden derivarse de los Métodos 1 o 2 especificados antes, o pueden estar basados en otros enfoques de modelización o muestreo (véanse los métodos de muestreo planteados en el Capítulo 3, Anexo 3A.3).

8.2.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad consisten en las superficies de los *Asentamientos que permanecen como tales* resumidas según los principales tipos de asentamientos. El total de la superficie de Asentamientos debe ser coherente con lo declarado bajo otras secciones de este capítulo y, en particular, en la sección de biomasa de *Asentamientos que permanecen como tales*. La evaluación de los cambios en la DOM se facilita considerablemente si esta información se puede utilizar conjuntamente con los datos nacionales sobre suelos y clima, inventarios de vegetación y otros datos geofísicos.

Resumen paso a paso del método para estimar cambios en las existencias de carbono en DOM

Nivel 1

En el Nivel 1, se supone que las entradas y salidas de DOM son equivalentes, por lo que no hay cambios anuales netos en las existencias de carbono de la madera muerta o la hojarasca y no se requiere evaluación.

Niveles 2 o 3 (Método 1, método de pérdidas y ganancias)

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

Paso 1: determinar las categorías a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría consiste en las definiciones del tipo de asentamientos. Los datos de superficie deben obtenerse empleando los métodos descritos en el Capítulo 3.

Paso 2: 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 (Ecuación 2.18).

Paso 3: determinar el cambio neto en las existencias de carbono en DOM para cada categoría. Multiplicar el cambio en las existencias de DOM por la fracción de carbono de madera muerta u hojarasca, para determinar el cambio neto en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca.

Paso 4: determinar 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: determinar el cambio en el total de las existencias de carbono en DOM mediante la suma de los cambios totales en DOM de todas las categorías.

Niveles 2 o 3 (Método 2, método de diferencia de existencias)

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 asentamientos y la superficie según lo descrito en el Paso 1 anterior.

Paso 2: 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 calcular 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. Un valor negativo indica una disminución de las existencias de DOM (Ecuación 2.19).

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.

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

Paso 5: determinar el cambio total de las existencias de carbono en DOM mediante la suma de los cambios totales en DOM de todas las categorías de actividad.

8.2.2.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Bajo el Nivel 1, no es necesario estimar la incertidumbre ya que se supone que los depósitos de DOM son estables. En cuanto a la estimación de los Niveles 2 y 3, las fuentes de incertidumbre incluyen el grado de exactitud de las estimaciones de superficies de tierra, el incremento y la pérdida de carbono, las existencias de carbono, y los términos del factor de expansión. Los datos de superficie y las estimaciones de incertidumbre deben obtenerse empleando los métodos descritos en el Capítulo 3, donde se suministran incertidumbres por defecto relacionadas con los diferentes métodos. Es factible que las incertidumbres relacionadas con los valores de existencias de carbono y de otros parámetros sean, como mínimo, de un factor de tres, a menos que se disponga de datos específicos del país procedentes de sondeos bien diseñados.

8.2.3 Carbono del suelo

Los suelos de los asentamientos pueden ser fuentes o sumideros de CO₂, según el uso previo de la tierra, de los enterramientos o las recogidas del suelo durante el desarrollo, y de la gestión actual, en particular con respecto a

aplicaciones de nutrientes y de agua, además del tipo y de la cantidad de cubierta vegetal distribuida por las calles, los caminos y la respectiva infraestructura (Goldman *et al.*, 1995; Pouyat *et al.*, 2002; Jo, 2002; Qian y Follett, 2002; Kaye *et al.*, 2004). A la fecha de preparación de estas *Directrices* sólo se han realizado unos pocos estudios sobre la evaluación del efecto de la gestión de los asentamientos sobre el C del suelo y la mayoría de ellos referidos a América del Norte (p. ej., Pouyat *et al.*, 2002), lo que hace difícil una generalización. Por ejemplo, es factible que haya grandes diferencias que no se hayan estudiado bien entre los asentamientos de los países desarrollados y los de aquellos en desarrollo.

Estimar el impacto de la gestión del asentamiento sobre el depósito de C en el suelo va a resultar de particular importancia en países con una gran porción de tierra ubicada en ciudades y pueblos, o con altas tasas de expansión de los asentamientos. En cuanto a los suelos minerales, el impacto del uso y la gestión de la tierra en asentamientos sobre las existencias de C puede estimarse sobre la base de las diferencias en depósito entre las clases de gestión del asentamiento respecto a una condición de referencia, otros usos de tierras gestionadas y como las tierras nativas. Las clases de gestión de los asentamientos podrían incluir césped (p. ej., canteros y campos de golf), bosques urbanos, jardines, áreas de residuos (p. ej., vertederos de basura), áreas estériles (suelo expuesto) e infraestructura (p. ej., vías férreas, casas y edificios). Aunque es menos habitual que los suelos orgánicos se utilicen para el desarrollo de asentamientos, estos suelos emiten C si se los drena debido a una acentuada descomposición, similar al efecto del drenaje con propósitos agrícolas (Armentano y Menges, 1986).

Se incluyen información general y directrices para estimar los cambios en las existencias de C del suelo en el Capítulo 2, Sección 2.3.3 y se las debe leer antes de continuar con las directrices específicas referidas a los asentamientos. Los cambios totales de las existencias de C del suelo en Asentamientos se calculan utilizando la Ecuación 2.24 del Capítulo 2, en la que se combinan los cambios en las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales y orgánicos, con los cambios en las existencias de los depósitos de C inorgánico del suelo (Nivel 3 solamente). En la próxima sección se brinda orientación específica para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo. En cuanto a un análisis general sobre C inorgánico, no se brinda ninguna información adicional en el análisis que sigue referido a Asentamientos.

Para dar cuenta de los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con *Asentamientos que permanecen como tales*, los países deben contar con estimaciones de la superficie del asentamiento en cuestión, estratificadas por regiones climáticas y tipos de suelos. Se pueden realizar estimaciones de inventario más detalladas mediante sondeos sobre el terreno y/o análisis periódicos de imágenes de detección remota para determinar las clases de gestión de los asentamientos (p. ej., césped, bosques urbanos, jardines, zonas de residuos, áreas estériles e infraestructura).

Los inventarios pueden desarrollarse empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3; siendo el Nivel 3 el que requiere más detalles y recursos. También es posible que los países utilicen diferentes niveles para preparar estimaciones de los diferentes componentes de esta categoría de fuente, lo que incluye suelos minerales y orgánicos, además de depósitos de C inorgánico en el suelo, si se utiliza el método del Nivel 3. Las Figuras 2.4 y 2.5 del Capítulo 2 contienen árboles de decisión que brindan orientación para identificar el nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales y orgánicos, respectivamente.

8.2.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Suelos minerales

Nivel 1

En el método del Nivel 1, se supone que las entradas son equivalentes a las salidas, por lo que las existencias de C en el suelo de los asentamientos no cambian en los *Asentamientos que permanecen como tales*.

Nivel 2

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

Nivel 3

El Nivel 3 es un método avanzado para estimar las existencias de C en el suelo relacionadas con las clases de cobertura en asentamientos, tales como un modelo dinámico o una red de mediciones/monitorización. Son pocos, si los hay, los modelos o los sistemas de medición que se han desarrollado para estimar las existencias de C en el suelo en asentamientos que se puedan considerar métodos de Nivel 3. Esto merece consideración si el C del suelo de los asentamientos se considera una categoría de fuentes principal. Se suministra orientación adicional sobre métodos de Nivel 3 en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2.

Suelos orgánicos

Niveles 1 y 2

Es poco factible que los asentamientos se construyan sobre suelos orgánicos profundos, aunque, de ser necesario, las emisiones se pueden calcular aplicando la Ecuación 2.26 del Capítulo 2. Un método de Nivel 2 incluye información específica del país para estimar los factores de emisión, además de una clasificación de las coberturas del asentamiento. No obstante, también es opcional en el método de Nivel 2 utilizar una clasificación más detallada del clima y de los suelos que la de las categorías por defecto.

Nivel 3

Los métodos del Nivel 3 para suelos orgánicos incluyen sistemas de gestión más detallados que comprenden modelos dinámicos y/o redes de medición. Se suministra orientación adicional sobre métodos de Nivel 3 en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2.

8.2.3.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN

Suelos minerales

Nivel 1

En el método del Nivel 1, se supone que las entradas son equivalentes a las salidas, por lo que las existencias de C en el suelo de los asentamientos no cambian en los *Asentamientos que permanecen como tales*.

Nivel 2

Dado que no se dispone de valores por defecto, el Nivel 2 exige la estimación de factores de cambio de existencias específicos del país. En la Ecuación 2.25 del Capítulo 2, se utilizan tres niveles de factores de cambio de existencias según el uso de la tierra, la gestión dentro del uso de la tierra y el nivel de entradas. El compilador del inventario debe definir las clases de gestión pertinentes de los asentamientos (como el césped); derivar factores de cambio de existencias para el uso de la tierra (F_{LU}) sobre la base del almacenamiento de C para cada clase con relación a la condición de referencia, que es factible que sean los terrenos nativos. Los factores de gestión (F_{MG}) otorgan flexibilidad para especificar la forma en la que se gestiona el uso de la tierra (como para campos deportivos o usos ornamentales) y se pueden emplear factores de entrada (F_I) para representar la influencia de la gestión sobre el C de entrada, como las prácticas de riego o de fertilización.

Nivel 3

El Nivel 3 requiere cierta combinación de modelos detallados del proceso y de recolección de datos, con la estrategia de muestreo y un remuestreo periódico, a fin de capturar los efectos del uso de la tierra y de la gestión. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Suelos orgánicos

Nivel 1

Si los suelos se drenan y no se quita la turba, se pueden calcular las emisiones empleando factores de emisión para suelos orgánicos cultivados, dado que el drenaje profundo en los asentamientos es similar al de las tierras de cultivo. Si se quita la turba, se debe suponer que el carbono es liberado en el año de la remoción (véase el Capítulo 5, Tierras de cultivo).

Nivel 2

En un método de Nivel 2, los factores de emisión se derivan de los datos experimentales específicos del país. Es una *buena práctica* que los factores de emisión se deriven para clases específicas de gestión de los asentamientos 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 suministra orientación adicional en la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Nivel 3

El consejo es el mismo dado anteriormente para suelos minerales.

8.2.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Suelos minerales

Nivel 1

En el método del Nivel 1, se supone que las entradas son equivalentes a las salidas, por lo que las existencias de C en el suelo de los asentamientos no cambian en los *Asentamientos que permanecen como tales*.

Nivel 2

Para el Nivel 2, los datos de la actividad consisten en superficies de los asentamientos subdivididas por clima, tipo de suelo y/o clases de gestión, según resulte necesario, a fin de que se correspondan con los factores de cambio de existencias descritos antes. Los registros municipales pueden resultar útiles para determinar la proporción de las diversas clases de gestión (p. ej., zonas de compras, subdivisiones, comercios, parques, escuelas, etc.), complementados con el conocimiento de los expertos nacionales sobre la distribución aproximada de las clases de asentamientos (es decir, césped, bosques urbanos, jardines, áreas de residuos, áreas estériles e infraestructura). Los métodos del Nivel 2 pueden incluir una estratificación más pormenorizada de los datos ambientales, incluyendo regiones climáticas y tipos de suelos, siempre que se hayan desarrollado los correspondientes factores de cambio de existencias.

Nivel 3

Con los datos de la actividad para la aplicación de modelos dinámicos y/o un inventario basado en mediciones directas, se caracterizan el clima, el suelo, los regímenes topográficos y de gestión, según el diseño del modelo y el muestreo.

Suelos orgánicos

Nivel 1

Es necesario que la superficie total de suelos orgánicos cultivados en asentamientos, estratificada por región climática, se corresponda con los Cuadros 5.6 del Capítulo 5 o 6.3 del Capítulo 6. Se puede obtener un valor por defecto multiplicando el total de la superficie urbana, en función de la región climática, por la proporción de superficie de espacio verde que aparece más arriba, en el Cuadro 8.3.

Nivel 2

Los métodos de Nivel 2 para suelos orgánicos incluyen especificaciones más detalladas de las clases de gestión y, posiblemente, una división más pormenorizada de tales clases por drenaje o regiones climáticas. La estratificación debe estar basada en datos empíricos que demuestren diferencias significativas en las tasas de pérdida de carbono respecto a las clases propuestas.

Nivel 3

El consejo es el mismo dado anteriormente para suelos minerales.

8.2.3.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

En los Niveles 1 y 2, las incertidumbres respecto a los inventarios de C están relacionadas con la representación de 1) las actividades de uso y gestión de la tierra; 2) las existencias de C de referencia en el suelo mineral; y 3) los cambios de existencias y los factores de emisión. Las incertidumbres de Nivel 3 dependen de la estructura y los parámetros del modelo, o de la estrategia en cuanto a errores de medición y de muestreo. Por lo general, la incertidumbre se reduce mediante más muestreos y utilizando estimaciones de nivel superior que incluyan información específica del país.

Las incertidumbres con respecto a las existencias de C y los factores de emisión se indican en el Cuadro 2.3 del Capítulo 2; en los Cuadros 5.5 y 5.6 del Capítulo 5; y en los Cuadros 6.2 y 6.3 del Capítulo 6. El compilador del inventario debe evaluar las incertidumbres en cuanto a los datos de uso y gestión de la tierra, y combinarlas con las incertidumbres correspondientes a los factores por defecto y a las existencias de C de referencia, 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 compilador 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 derive las incertidumbres de datos de la actividad específicos del país en lugar de utilizar un nivel por defecto.

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

La precisión en las estadísticas de actividad de uso de la tierra se puede mejorar 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 teledetección para lograr una cobertura adicional. Es una *buena práctica* diseñar una clasificación en la que se considere la mayor parte de la actividad en uso y gestión del suelo con un tamaño 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 densidad de probabilidad para factores específicos, datos de la actividad y existencias de C de referencia de los Estados Unidos respecto a los suelos agrícolas. Constituye una *buena práctica* evaluar las dependencias entre factores, existencias de C de referencia o datos de la actividad de uso y gestión del suelo. 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.

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 densidad 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 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 determinarse directamente a partir de la varianza de las muestras, de errores en la medición y otras fuentes pertinentes de incertidumbre.

8.3 TIERRAS CONVERTIDAS EN ASENTAMIENTOS

La conversión de Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, etc. en Asentamientos lleva a emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero. Los métodos para estimar los cambios en las existencias de carbono relacionados con las conversiones de uso de la tierra se describen en los Capítulos 2, 4, 5 y 6 de este volumen. El árbol de decisiones (véase la Figura 1.3 del Capítulo 1) y los mismos métodos básicos pueden aplicarse para estimar los cambios en las existencias de carbono de Tierras forestales, Tierras de cultivo y Pastizales convertidos en Asentamientos.

Según la magnitud de las existencias de carbono en la categoría anterior de uso de la tierra, las tierras convertidas en Asentamientos pueden experimentar una pérdida relativamente rápida de carbono durante el primer año, seguida por un incremento más gradual de los depósitos de carbono. Por ejemplo, normalmente, las Tierras forestales convertidas en Asentamientos estarían caracterizadas por este brusco cambio, seguido por un incremento gradual de las existencias de carbono. Si las existencias de carbono del uso previo de la tierra fueran menores que en los asentamientos, esta transición brusca no tendría lugar durante el primer año. Por ejemplo, las Tierras de cultivo abandonadas convertidas en Asentamientos experimentarían sólo un incremento gradual de las existencias de carbono y no la transición inicial brusca.

A veces, los métodos descritos se han simplificado estimando los efectos de la conversión durante un solo año, seguido de la aplicación de los métodos antes descritos para los *Asentamientos que permanecen como tales*. No obstante, donde esto ocurre, la superficie de la tierra debe mantenerse en el estado de conversión durante el período de transición adoptado. De lo contrario, es factible que se produzcan dificultades para mantener la coherencia de la matriz de usos de la tierra.

Donde se utilice el Método 1 en su forma más simple para la representación de la superficie del terreno (véase el Capítulo 3) y no se disponga de información complementaria que permita inferir los usos anteriores de la tierra, se conocerá solamente la superficie total de los asentamientos en función del tiempo y se desconocerán los usos previos de la tierra. Bajo estas circunstancias, no es posible estimar las existencias de biomasa previas a la conversión (B_{antes}) ni se puede aplicar la Ecuación 2.16. En este caso, las tierras convertidas en Asentamientos deben estimarse con las que permanecen como Asentamientos y las emisiones o absorciones resultantes de la conversión en Asentamientos, así como otros cambios en el uso de la tierra, se representan como cambios por etapas en las demás categorías y no se asignan adecuadamente a las conversiones de forma coherente con la matriz de cambios en el uso de la tierra. De hecho, las transiciones se convierten en cambios por etapas en todo el ámbito. Esto hace que se torne particularmente importante la coordinación entre los distintos sectores, a fin de asegurar que el total de la base territorial se mantenga constante con el 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.

8.3.1 Biomasa

8.3.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El método general para calcular el cambio inmediato en la biomasa viva resultante de la conversión en Asentamientos se representa en las Ecuaciones 2.15 y 2.16 del Capítulo 2. El incremento medio anual de la biomasa producida por la transición se representa como la diferencia entre la biomasa en la categoría de uso de la tierra del asentamiento justo después de la transición ($B_{\text{Después}}$) y la biomasa en la categoría anterior (B_{Antes}).

Este método sigue el método de las *Directrices* para otras transiciones en el uso de la tierra: el cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a la conversión del uso de la tierra se estima (empleando la Ecuación 2.16) multiplicando la superficie convertida anualmente en Asentamientos por la diferencia en las existencias de carbono del sistema antes de la conversión (B_{Antes}) y la de los asentamientos después de la conversión ($B_{\text{Después}}$).

Nivel 1

En el Nivel 1, durante el primer año que sigue a la conversión al uso de la tierra como asentamiento, el método más conservador es fijar $B_{\text{Después}}$ en cero, lo que significa que el proceso de desarrollo de los asentamientos hace que las existencias de carbono se agoten por completo. Para hacerlo, es necesario agregar crecimiento durante el año del inventario (ΔC_G) y restar pérdida (ΔC_L) para obtener el cambio neto en las existencias de carbono de las tierras convertidas en Asentamientos (Ecuación 2.15).

Nivel 2

En el Nivel 2, se pueden aplicar las existencias de carbono específicas del país a los datos de la actividad desagregados a un nivel de detalle adaptado a las circunstancias nacionales. En los niveles superiores, debe registrarse la superficie de cada uso de la tierra y el tipo de cobertura del terreno convertido en otro tipo en un asentamiento (los ejemplos de los tipos de uso y cobertura de la tierra se describen en la Sección 8.2), ya que la superficie se relaciona con la cantidad de carbono tanto antes como después de la conversión. Es factible que los tipos de uso y cobertura de la tierra del asentamiento difieran en su densidad de carbono.

Nivel 3

En el Nivel 3, los países pueden utilizar el método de diferencia de existencias (Ecuación 2.8) u otros métodos de estimación avanzados que pueden incluir complejos modelos y datos de la actividad muy desagregados, incluyendo —si está disponible— información más detallada respecto a $B_{\text{Después}}$ a nivel específico del país o de la bioma.

8.3.1.2 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 asentamiento; por lo tanto, el valor por defecto de la biomasa inmediatamente después de la conversión es de 0 ton há⁻¹. Los valores por defecto de la biomasa previa a la conversión (B_{Antes}) se suministran en el Cuadro 8.4.

CUADRO 8.4 EXISTENCIAS DE CARBONO EN LA BIOMASA POR DEFECTO QUE SE ELIMINAN DEBIDO A LA CONVERSIÓN EN ASENTAMIENTOS		
Categoría de uso de la tierra	Existencias de carbono en la biomasa previas a la conversión (B_{Antes}) (ton C há ⁻¹)	Rango de error #
tierras forestales	Véanse los Cuadros 4.7 a 4.12 del Capítulo 4 para las existencias de carbono en una gama de tipos de bosques por regiones climáticas. Las existencias están en términos de materia seca. Multiplicar los valores por una fracción de carbono (CF) de 0,5 para convertir materia seca en	Véase la Sección 4.3 (Tierras convertidas en tierras forestales)
Pastizales	Véase el Cuadro 6.4 del Capítulo 6 para las existencias de carbono en una gama de tipos de pastizales por regiones climáticas.	± 75%
tierras de cultivo	Para las tierras de cultivo que contienen cultivos anuales: utilice el valor por defecto de 4,7 ton de carbono há ⁻¹ de carbono o 10 ton de materia seca há ⁻¹ (véase el Capítulo 6, Sección 6.3.1.2).	± 75%.
# Representa una estimación nominal del error, equivalente a dos veces la desviación estándar, como porcentaje de la media.		

Niveles 2 y 3

En el método de Nivel 2 se reemplazan los datos por defecto por datos específicos del país y el Nivel 3 incluye una modelización detallada o datos de mediciones pertinentes a los procesos de conversión.

8.3.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad para estimar los cambios en la biomasa de superficies de terreno convertidas en Asentamientos pueden obtenerse, coherentemente con los principios generales establecidos en el Capítulo 3, a través de estadísticas nacionales, de servicios forestales, organismos de conservación, ayuntamientos u organismos de sondeos y mapeo. Se deben realizar verificaciones cruzadas para garantizar 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 tipos de Asentamientos. Los inventarios de Nivel 3 requieren información más exhaustiva sobre el establecimiento de nuevos asentamientos, 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 *Asentamientos 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 de Tierras Forestales puedan identificarse por separado. Esto se debe a que, habitualmente, los bosques tienen una mayor densidad de carbono antes de la conversión. Implica que se va a necesitar, por lo menos, un conocimiento parcial de la matriz de cambios en el uso de la tierra y, en consecuencia, en los casos en los que se utilizan los Métodos 1 y 2 del Capítulo 3 para estimar la superficie de tierra, pueden necesitarse sondeos complementarios para identificar la superficie de tierra que se está convirtiendo de Tierras forestales en Asentamientos. 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.

Método de aplicación paso a paso

Nivel 1

Usar valores por defecto para B_{Antes} del capítulo respectivo a la categoría de uso de la tierra (Tierras forestales, Pastizales, etc.) y suponer que $B_{\text{Después}}$ equivale a cero en la Ecuación 2.16.

Paso 1: aplicar la Ecuación 2.16 para cada tipo de uso de la tierra convertido en asentamientos;

Paso 2: sumar los cambios de la biomasa para todos los tipos de uso de la tierra; y

Paso 3: multiplicar el resultado por 44/12 para obtener la cantidad de equivalentes de CO₂ emitidos (la suma obtenida en el Paso 2 será un número negativo) a consecuencia de la conversión de la tierra.

Nivel 2

Los pasos típicos para aplicar un método de Nivel 2 son:

Paso 1: emplear los métodos descritos en el Capítulo 3, incluyendo —donde correspondiere— los registros catastrales y de planeamiento o el análisis de imágenes de detección remota (o ambos), para estimar los cambios en superficie entre el actual y el anterior sondeo de la zona.

Paso 2: definir —como primera aproximación— los tipos de uso de la tierra del asentamiento sobre la base de la proporción de espacio verde. Por ejemplo, tres clases tentativas de uso de la tierra podrían ser: Baja (menos del 33% de espacio verde), Media (de 33 hasta menos del 66% de espacio verde) y Alta (más del 66% de espacio verde). A cada una de estas clases se le puede asignar un contenido de carbono promedio, obtenido de las especies reconocidas en clases definidas de manera similar a fin de contabilizar los cambios de la biomasa en la Sección 8.2.

Paso 3: diseñar una matriz de superficie de conversión del uso de la tierra para las transiciones de uso de la tierra definidas en el Paso 2.

Paso 4: estimar mediante ecuaciones las existencias de biomasa de los tipos de uso de la tierra definidos y de los convertidos (para obtener B_{Antes} y $B_{\text{Después}}$), aplicar la Ecuación 2.16 a cada una de las celdas no vacías de la matriz de cambio de uso de la tierra, sumar los cambios en las existencias de carbono, y multiplicar la suma por 44/12 para obtener los equivalentes de CO_2 en emisión/absorción.

Paso 5: calcular ΔC_G , empleando los Métodos A o B de la Sección 8.2.1, *Asentamientos que permanecen como tales* (la elección del método depende de la aplicabilidad de los factores de emisión y absorción, así como de la disponibilidad de los datos de la actividad). Esto se usará en la Ecuación 2.15.

Paso 6: calcular ΔC_L , empleando los Métodos según lo descrito en la Sección 8.2.1.3, *Asentamientos que permanecen como tales*.

Paso 7: calcular los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva producidos por la transición en el uso de la tierra a Asentamientos, teniendo en cuenta el incremento de la biomasa, las pérdidas de biomasa y los cambios en la biomasa debidos a la conversión del uso de la tierra según lo provisto en la Ecuación 2.15.

8.3.1.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Véase la orientación brindada en la Sección 8.2.1.4.

8.3.2 Materia orgánica muerta

Se suministran métodos para dos tipos de depósitos de DOM: 1) madera muerta y 2) hojarasca. En el Capítulo 1 de este informe se ofrecen definiciones de estos depósitos y, en la Sección 8.2.2, DOM, en el contexto de los asentamientos.

Cierras tierras convertidas en Asentamientos no van a sufrir transiciones bruscas (p. ej., las Tierras de cultivo que se abandonan y se convierten en Asentamientos). En este caso, no son apropiados los métodos de la Fase 1, y habrá 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 métodos de la Fase 2.

8.3.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

La estimación de los cambios en las existencias de carbono en DOM requiere estimaciones por separado de los cambios en las existencias de madera muerta y de hojarasca (véase la Ecuación 2.17 del Capítulo 2). El árbol de decisión de la Figura 2.3 del Capítulo 2 ayuda a seleccionar el nivel apropiado.

Nivel 1

Por defecto, en el Nivel 1 se supone que todo el carbono contenido en la madera muerta y hojarasca se pierde durante la conversión y no se tiene en cuenta la acumulación subsiguiente.

Nivel 2

Los métodos de Nivel 2 exigen una mayor desagregación que la empleada en el Nivel 1. El cambio inmediato y brusco de las existencias de carbono en madera muerta debido a la conversión de otras tierras en Asentamientos bajo los Niveles 2 y 3 se estimará empleando la Ecuación 2.23, donde C_0 se fija en cero y T_{on} se establece en 1 año. En el Nivel 2 se supone una función de cambio lineal, aunque durante el periodo de transición, los depósitos que ganan o pierden C suelen tener una curva de pérdida o acumulación no lineal que puede representarse en el Nivel 3 a través de sucesivas matrices de transición.

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 1 (También llamado **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 Asentamientos, según los diferentes tipos de clima, zonas ecológicas o tipos de asentamientos, el régimen de perturbación, el régimen 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 2 (También llamado **Método de diferencia de existencias**, Ecuación 2.19 del Capítulo 2): este método implica estimar la superficie de tierras convertidas en Asentamientos y las existencias de madera muerta y hojarasca en dos períodos 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 puede aplicarse en los países en que se realizan inventarios periódicos.

Nivel 3

En cuanto al Nivel 3, los países deben desarrollar sus propias metodologías y parámetros para estimar los cambios de DOM. Estas metodologías pueden derivarse de los Métodos 1 o 2 antes especificados, o pueden basarse en otros enfoques. El método utilizado debe documentarse claramente. En un método de Nivel 3 deben usarse las verdaderas formas de las curvas de pérdida o acumulación, o debe ser coherentes con ellas. 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 en madera muerta y hojarasca.

8.3.2.2 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 $0,50 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para la fracción de carbono. Los valores de hojarasca en los asentamientos oscilan entre 0,3 y 0,50. Si no hay datos disponibles específicos del país o del ecosistema, se sugiere que, para hojarasca, se utilice un valor de fracción de carbono de 0.40.

Nivel 1

Se supone que todas las existencias de carbono en madera muerta y en hojarasca de las tierras convertidas en Asentamientos se pierden durante la conversión, así como que no hay subsiguiente acumulación de nueva DOM en los asentamientos con posterioridad a la conversión. Los valores por defecto para hojarasca forestal previa a la conversión se encuentran en el Cuadro 2.2 del Capítulo 2, pero no se dispone de valores por defecto respecto a la madera muerta ni la hojarasca en la mayoría de los sistemas. Los países deben buscar 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, o usar los valores por defecto del Cuadro 2.2 si no se cuenta con otra información. Se supone que las existencias de carbono en los depósitos de hojarasca y madera muerta de todas las categorías, a excepción de la forestal, equivalen a cero. Se aconseja que los países que experimenten cambios significativos de otros ecosistemas a asentamientos desarrollen datos nacionales para estimar este impacto, y declararlos bajo la metodología de Niveles 2 o 3.

Nivel 2

Es una *buena práctica* utilizar datos de nivel nacional sobre madera muerta y hojarasca para diferentes categorías de asentamientos, en combinación con valores por defecto, si no se dispone de valores nacionales o regionales 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 asentamiento, 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

Las estimaciones de carbono en DOM desagregado a nivel nacional deben determinarse como parte de un inventario nacional, 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 capturar la dinámica de todos los depósitos de carbono de los asentamientos.

Los métodos del Nivel 3 permiten obtener estimaciones de 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 retribución 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., corte y quemado controlados, o quemado de pilas).

8.3.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad deben ser los mismos que los empleados para la biomasa y descritos en la Sección 8.3.1.3.

Resumen paso a paso del método para estimar cambios en las existencias de DOM

Nivel 1

Paso 1: determinar las categorías de conversión de tierras a emplear en esta evaluación y la superficie representativa de la conversión por año. Los datos de superficie deben obtenerse aplicando los métodos descritos en el Capítulo 3. Los niveles superiores requieren mayor detalle pero el requisito mínimo para que los inventarios resulten coherentes con las *Directrices del IPCC*, cuando se usa el Nivel 1, es que las superficies de conversión de bosques se identifiquen por separado.

Paso 2: para cada categoría de actividad, determinar las existencias de madera muerta y hojarasca (por separado) por hectárea previas a la conversión (véase el Cuadro 2.2 del Capítulo 2 para conocer los valores por defecto).

Paso 3: para cada categoría de actividad, determinar las existencias de madera muerta y hojarasca (por separado) por hectárea previas para el tipo particular de asentamiento. En el Nivel 1, se supone que las existencias de madera muerta y hojarasca después de la conversión equivalen a cero.

Paso 4: calcular el cambio neto en las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea para cada tipo de conversión restando las existencias iniciales de las finales. Un valor negativo indica una pérdida en las existencias (Ecuación 2.23).

Paso 5: convertir el cambio neto de las existencias individuales a en unidades de ton C há^{-1} multiplicando el cambio neto de existencias por la fracción de carbono de esas existencias ($0,40 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para hojarasca, y $0,50 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para madera muerta).

Paso 6: multiplicar el cambio neto de cada existencia de C por la superficie convertida durante el año de la declaración.

Niveles 2 y 3

Paso 1: determinar las categorías de conversión de tierras a emplear en esta evaluación y la superficie representativa de la conversión por año. 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. 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 aparte.

Paso 2: Cambios abruptos

- Determinar las categorías de actividad a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría de la actividad consiste en definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, en la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y la gestión de los asentamientos, por ejemplo: «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas». Los datos de superficie se obtienen empleando los métodos descritos en el Capítulo 3.
- Para cada categoría de actividad, determinar las existencias de madera muerta y hojarasca (por separado) por hectárea, previas a la conversión.
- Para cada categoría de actividad, determinar las existencias de madera muerta y hojarasca (por separado) por hectárea después de transcurrido un año desde la conversión en Asentamientos.

- Calcular el cambio neto en las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea para cada tipo de conversión restando las existencias iniciales de las finales. Un valor negativo indica una pérdida en las existencias.
- Convertir el cambio neto de las existencias individuales a unidades de ton C há⁻¹ multiplicando el cambio neto de existencias por la fracción de carbono de esas existencias (0,40 ton C (ton d.m.)⁻¹ para hojarasca, y 0,50 ton C (ton d.m.)⁻¹ para madera muerta).
- Multiplicar el cambio neto de cada existencia de C por la superficie convertida durante el año de la declaración.

Paso 3: Cambios de la transición

- Determinar las categorías y los cohortes a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría consta de definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, de la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y el tipo de asentamiento. Los datos de superficie deben obtenerse empleando los métodos descritos en el Capítulo 3.
- Determinar la tasa de cambio anual de los depósitos de madera muerta y 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 encuentran en su fase de transición entre la conversión y un nuevo sistema de pastizales en régimen constante.
- Determinar las existencias de madera muerta y hojarasca del cohorte durante el año anterior (generalmente tomado del inventario anterior).
- Calcular el cambio en las existencias de madera muerta y hojarasca para cada cohorte sumando la tasa de cambio neta a las existencias del año anterior.
- Convertir el cambio neto de las existencias individuales a unidades de ton C há⁻¹ multiplicando el cambio neto de existencias por la fracción de carbono de esas existencias (0,4 ton C (ton d.m.)⁻¹ para hojarasca, y 0,50 ton C (ton d.m.)⁻¹ para madera muerta).
- Multiplicar el cambio neto de cada existencia de C por la superficie de cada cohorte en el año de la declaración.

Método de pérdidas y ganancias

- 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 las salidas de las entradas.

Método de diferencia de existencias

- Determinar el intervalo temporal del inventario, las existencias promedio de madera muerta y hojarasca en el inventario inicial, y las existencias promedio de madera muerta y hojarasca del inventario final.
- Utilizar estos valores para calcular el cambio neto en las existencias de madera muerta y hojarasca, restando las existencias iniciales de las finales y dividiendo esta diferencia por la cantidad de años transcurridos entre inventarios. Un valor negativo indica una pérdida en las existencias.
- Un método de Nivel 3 requiere factores de expansión específicos del país o de la región. No hay factores de expansión por defecto para el Nivel 2 y deben utilizarse (y documentarse) los mejores datos locales de que se disponga.

8.3.2.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

La incertidumbre en el Nivel 1 es la misma que la de las existencias de carbono en la superficie de tierras sujetas a conversión anual. En consecuencia, se supone que los cambios en la DOM equivalen a cero, y no es necesaria la incertidumbre asociada en el Nivel 1 después de la transición inicial. En cuanto a las estimaciones de los Niveles 2 y 3, las fuentes de incertidumbre incluyen el grado de exactitud de las estimaciones de superficie de tierra, el incremento y la pérdida de carbono, las existencias de carbono, la cantidad de carbono quemado, y los términos del factor de expansión. Los datos de superficie y las estimaciones de incertidumbre deben obtenerse empleando los métodos descritos en el Capítulo 3, que suministran incertidumbres por defecto relacionadas con los diferentes métodos. Es factible que las incertidumbres relacionadas con los valores de existencias de carbono y de otros parámetros sean, como mínimo, de un factor de tres, a menos que se disponga de datos específicos del país procedentes de sondeos bien diseñados.

8.3.3 Carbono del suelo

La conversión de tierras en Asentamientos se produce con el desarrollo y la expansión de ciudades y pueblos sobre anteriores Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, Humedales y Otras tierras. Estas conversiones modifican las existencias de C del suelo debido a la perturbación mecánica del suelo; el enterramiento o la recogida en el suelo durante el desarrollo; el tipo y la cantidad de cobertura vegetal; además del nuevo régimen de gestión, en particular con respecto a las aplicaciones de nutrientes y de agua.

Se suministra información general y orientación para estimar los cambios en las existencias de C del suelo (incluidas las ecuaciones) en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2. Los cambios totales de las existencias de C del suelo en *Tierras convertidas en asentamientos* se estiman utilizando la Ecuación 2.24, 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 asociados con los depósitos de C inorgánico del suelo (Nivel 3 solamente).

A fin de contabilizar los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con tierras convertidas en asentamientos, los países deben tener, como mínimo, estimaciones de la superficie de las *Tierras convertidas en asentamientos* durante el período de inventario, estratificadas por región climática y por tipo de suelo. Si se utilizan datos acumulados sobre el uso de la tierra y se desconocen las conversiones específicas entre usos, igualmente se pueden calcular los cambios en las existencias de C del suelo orgánico (SOC) empleando los métodos provistos en *Asentamientos que permanecen como tales*, pero, entonces, probablemente, la superficie de la base territorial va a ser diferente para los asentamientos durante el año actual respecto al año inicial del inventario, y la dinámica de la transición no va a estar tan bien representada. En el Capítulo 3 (Representación coherente de las tierras), se pone énfasis en la importancia de mantener la coherencia en la totalidad de la superficie de tierras.

8.3.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Los inventarios pueden desarrollarse empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3; 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 estimaciones de cada subcategoría en particular de C del suelo (es decir, en el Nivel 3, se estiman 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 en la selección de los niveles adecuados.

Suelos minerales

Nivel 1

Los cambios en las existencias de C orgánico del suelo pueden estimarse para la conversión del uso de la tierra en Asentamientos empleando la Ecuación 2.25 del Capítulo 2. Para el Nivel 1, las existencias iniciales (preconversión) de C orgánico del suelo ($SOC_{(0-T)}$) y las existencias de C del último año del período de inventario (SOC_0) se determinan a partir del conjunto de existencias de C orgánico del suelo de referencia (SOC_{REF}) y de los factores de cambio de existencias por defecto (F_{LU} , F_{MG} , F_1). Las superficies de roca firme de las Tierras forestales o del uso anterior de la tierra no se incluyen en el cálculo de las existencias de C del suelo (se supone una existencia 0). Las tasas anuales de emisiones (fuente) o absorciones (sumidero) se calculan como la diferencia entre las existencias (con el correr del tiempo) dividida por la dependencia temporal (D) de los factores de cambio de existencias (por defecto, 20 años).

Nivel 2

En el método de Nivel 2 para suelos minerales también se utiliza la Ecuación 2.25 del Capítulo 2, pero se incluyen las existencias de C de referencia específicas del país o la región y/o los factores de cambio de existencias y, posiblemente, datos de la actividad del uso de la tierra y datos ambientales más desagregados. La remoción, la reubicación o el enterramiento del C del suelo durante el desarrollo constituyen aspectos especiales de los asentamientos. En la medida en la que el C del suelo no se descomponga durante la fase de desarrollo y resida a mayor profundidad en el perfil, se traslade a otra zona o, posiblemente, se use como producto básico. Es una *buena práctica* que el factor de cambio de existencias para el Nivel 2 se ajuste para reflejar la reducción en la pérdida de C a la atmósfera como CO_2 .

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 para estimar los cambios de C en el suelo producidos por conversiones en Asentamientos empleen modelos, conjuntos de datos y/o redes de monitorización que sean representativos de la transiciones ocurridas con el tiempo de otros usos de la tierra, incluyendo Tierras forestales, Pastizales, Tierras de cultivo u

otras tierras. Los métodos de Nivel 3 deben integrarse 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 desechos (p. ej., quemado, preparación del suelo) va a afectar a las entradas de C a la formación de materia orgánica del suelo y las pérdidas de C por descomposición y combustión. Los modelos deben validarse mediante observaciones independientes a partir de sitios específicos del país o de la región que sean representativos de las interacciones entre el clima, el suelo y el tipo o la gestión forestal referidos a los cambios en las existencias de C del suelo ocurridos después de la conversión.

Suelos orgánicos

Niveles 1 y 2

Las tierras convertidas en Asentamientos en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan igual que los *Asentamientos que permanecen como tales*. Las pérdidas de carbono se calculan empleando la Ecuación 2.26 del Capítulo 2. En la Sección 8.2.3.1 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 específicos del país y/o enfoques basados en mediciones, así como datos sobre uso y gestión de la tierra muy desagregados.

8.3.3.2 ELECCIÓN DEL FACTOR DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN

Suelos minerales

Nivel 1

Las existencias de C de referencia por defecto se encuentran en el Cuadro 2.3 del Capítulo 2, y los factores de cambio de existencias para usos previos de la tierra se encuentran en los Capítulos respectivos (para Tierras forestales en la Sección 4.2.3.2, Tierras de Cultivo en 5.2.3.2, Pastizales en 6.2.3.2, y Otras tierras en 9.3.3.2. Los factores de cambio de existencias por defecto para el uso de la tierra después de la conversión (Asentamientos) no son necesarios para el método de Nivel 1 para *Asentamientos que permanecen como tales* porque la hipótesis por defecto es que las entradas son equivalentes a las salidas y, por lo tanto, no se producen cambios netos en las existencias de carbono del suelo una vez establecido el asentamiento. Sin embargo, las conversiones pueden traer aparejados cambios y es una *buena práctica* aplicar las siguientes hipótesis:

- (i) para la proporción de la superficie del asentamiento que se pavimenta, suponer que el producto de F_{LU} , F_{MG} y F_I es 0,8 veces el producto correspondiente al uso previo de la tierra (es decir, el 20% del carbón del suelo correspondiente al uso previo de la tierra se pierde debido a la perturbación, la remoción o la reubicación);
- (ii) para la proporción de la superficie del asentamiento que es césped, usar los valores apropiados para pastizales mejorados del Cuadro 6.2 del Capítulo 6;
- (iii) para la proporción de la superficie del asentamiento que sea suelo cultivado (p. ej., usada para horticultura) usar los valores sin laboreo F_{MG} del Cuadro 5.5 (Capítulo 5) con F_I igual a 1; y
- (iv) para la proporción de la superficie del asentamiento que es leñosa, suponer que todos los factores de cambio de existencias equivalen a 1.

Nivel 2

Probablemente, la estimación de los factores de cambio de existencias específicos del país constituya el desarrollo más importante relacionado con el método de Nivel 2. Las diferencias en existencias de C orgánico en el suelo entre los usos de la tierra se 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 de las clases de gestión del asentamiento. En la Sección 8.2.3.2, *Asentamientos que permanecen como tales*, se ofrece orientación adicional sobre cómo derivar estos factores de cambio de existencias. Véase la sección que corresponde 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 el Capítulo 4, Tierras de cultivo en el Capítulo 5, Pastizales en el Capítulo 6 y Otras tierras en el Capítulo 9). Las existencias de C de referencia también se pueden derivar de datos específicos del país en un método de Nivel 2 y, naturalmente, deben ser coherentes para todos los usos de la tierra (es decir, Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, Asentamientos y Otras tierras) y, por ende, requieren coordinación entre los distintos equipos a cargo de los inventarios de C del suelo para AFOLU.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de emisión *per se* se estimen a cambio 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

Niveles 1 y 2

Las tierras convertidas en Asentamientos en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan igual que los *Asentamientos que permanecen como tales*. Los factores de emisión para el Nivel 2 se derivan de datos específicos del país o la región; para orientación adicional véase la Sección 8.2.3.2.

Nivel 3

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

8.3.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Suelos minerales

Niveles 1 y 2

Se requiere conocer la cantidad de tierra convertida en Asentamientos, estratificada por regiones climáticas y tipos de suelo, para estimar las existencias adecuadas en el Nivel 1. 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. En el Capítulo 3, se presentan descripciones detalladas de los esquemas de clasificación de climas y de suelos por defecto. A falta de información específica, debe estimarse la superficie pavimentada de los asentamientos por defecto con una proporción del espacio no-verde de la superficie total, empleando el Cuadro 8.3, mientras que el mismo Cuadro se puede usar para dividir la superficie de espacio verde en áreas leñosas y no leñosas. Se puede suponer que estas últimas corresponden a césped, a menos que se disponga de datos sobre la superficie con otro cultivo.

Nivel 3

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

Suelos orgánicos

Niveles 1 y 2

Las Tierras convertidas en asentamientos en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan de la misma manera que los *Asentamientos que permanecen como tales*, y la orientación sobre los datos de la actividad se ofrece en la Sección 8.2.3.3.

Nivel 3

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

8.3.3.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Véase la orientación brindada en la Sección 8.2.3.4.

8.4 EXHAUSTIVIDAD, SERIES TEMPORALES, GC/CC Y GENERACIÓN DE INFORMES

8.4.1 Exhaustividad

En los inventarios de C del suelo, es una *buena práctica* efectuar un seguimiento de los cambios de la superficie total con el correr del tiempo y, si se usa un método de Niveles 2 o 3, en el inventario debe hacerse el seguimiento de las superficies relacionados con las principales clases de gestión (p. ej., césped, bosques urbanos, jardines, áreas de residuos, áreas estériles e infraestructura). El total de la superficie cubierta por la metodología

de inventario para asentamientos es la suma de las tierras de *Asentamientos que permanecen como tales* más las *Tierras convertidas en asentamientos* durante el período de que se trate. Esta metodología de inventario puede no incluir ciertas áreas del asentamiento en las que se considera que las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero son insignificantes o constantes en el tiempo, dado el poco o ningún cambio en la gestión del asentamiento o los cambios insignificantes de las entradas por gestión. Sin embargo, se alienta a los países a efectuar un seguimiento permanente del total de la superficie de tierras de los asentamientos dentro de las fronteras de cada país, y llevar registros transparentes sobre qué porciones se usan para estimar las emisiones y absorciones de dióxido de carbono. En este caso, es una *buena práctica* que los países documenten y expliquen la diferencia entre la superficie que se incluye en los cálculos del inventario y el total de superficie de asentamientos en la base territorial.

8.4.2 Desarrollo de una serie temporal coherente

Para mantener una serie temporal coherente, una *buena práctica* es que los países apliquen los mismos métodos de inventario durante todo el período de declaración, incluyendo las definiciones en cuanto a sistemas de uso de la tierra y asentamientos, la superficie incluida en un inventario de C, y el método de cálculo. Si se realizan cambios, es una *buena práctica* mantener registros transparentes de los cambios y, además, volver a calcular los cambios en las existencias de C durante la totalidad del período de inventario. En el Capítulo 5 del Volumen 1 se brinda orientación sobre cómo re-calcular en tales circunstancias. Las estimaciones y las declaraciones coherentes también requieren definiciones en común de las actividades de gestión, de climas y de tipos de suelos durante la totalidad de la serie temporal del período del inventario.

8.4.3 Garantía de calidad / Control de calidad del inventario

Es una *buena práctica* realizar verificaciones de control de calidad y revisiones de las estimaciones y datos de inventario por parte de expertos externos. Es de esperar que se preste especial atención a las estimaciones específicas del país en cuanto a cambios de existencias y factores de emisión, y se garantice que estén basados en datos de alta calidad y en opiniones de expertos verificables.

En la metodología referida a asentamientos, las verificaciones específicas de GC/CC incluyen:

Asentamientos que permanecen como tales Es una *buena práctica* en lo referido a áreas de asentamientos ser coherentes al declarar los cambios en las existencias de biomasa y de los suelos. Los asentamientos pueden incluir zonas en las que los cambios en las existencias del suelo se contabilizan pero se supone que los cambios de la biomasa equivalen a cero (p. ej., donde la biomasa no-leñosa se encuentra prácticamente ausente), zonas donde tanto las existencias de biomasa como las del suelo están cambiando (p. ej., desarrollo de un parque), y zonas donde no están cambiando ni las existencias de biomasa ni las del suelo (p. ej., infraestructura y áreas estériles). A fin de incrementar la transparencia y de eliminar errores, es una *buena práctica* declarar el total de la superficie de asentamientos estén o no cambiando las existencias.

Tierras convertidas en asentamientos Es de esperar que los totales acumulados de superficie para Asentamientos sean los mismos en las estimaciones de biomasa y de suelos. Mientras que los depósitos de biomasa y de suelos pueden estar desagregados a diferentes niveles de detalle, es una *buena práctica* usar las mismas categorías generales para desagregar los datos de la superficie.

Es de esperar que, respecto a todas las estimaciones de cambios de existencias de C en el suelo, las superficies totales sean las mismas para cada combinación de tipos de clima y de suelo en el año inicial del inventario ($\text{año}_{(0-T)}$) y en el último ($\text{año}_{(0)}$), a menos que se haya demostrado que cierta porción de la base territorial se ha incorporado a otro sector de uso de la tierra o de otro sector. 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.

8.4.4 Generación de informes y documentación

Es una *buena práctica* mantener y archivar toda la información utilizada para producir las estimaciones del inventario nacional, incluyendo: (i) fuentes de datos, bases de datos, fuentes de datos de la información utilizada para estimar los factores específicos del país, así como los procedimientos aplicados para estimar factores; (ii) datos de la actividad y definiciones empleados para categorizar o acumular los datos de la actividad; y (iii) las clasificaciones por regiones climáticas y tipos de suelos (para Niveles 1 y 2) deben estar claramente documentadas. En cuanto a los métodos de Nivel 3 en que se utiliza modelización es una *buena práctica*

documentar la versión del modelo y suministrar una descripción de éste, así como archivar permanentemente copias de todos los archivos de entrada del modelo, códigos fuente y programas ejecutables.

Cuadros y hojas de trabajo para generación de informes

Las categorías descritas en este Capítulo pueden declararse empleando los cuadros para generación de informes del Volumen 1, Capítulo 8. Las estimaciones de la categoría Asentamientos pueden compararse con las categorías de declaraciones de las *Directrices del IPCC* de la siguiente manera:

- Emisiones y absorciones de dióxido de carbono en biomasa leñosa de *Asentamientos que permanecen como tales* con la categoría 5A de las declaraciones del IPCC y *Tierras convertidas en asentamientos* en la categoría 5B de la declaración del IPCC; y las categorías 4E Y 4F de la declaración del IPCC para gases no-CO₂;
- Emisiones y absorciones de dióxido de carbono en suelos de *Asentamientos que permanecen como tales* con las categorías 5D y 5E de la declaración del IPCC para CO₂, y la categoría 4D de la declaración del IPCC para gases no-CO₂; y
- Emisiones y absorciones de dióxido de carbono producidas por conversiones de uso de la tierra a Asentamientos con la categoría 5B de las declaraciones del IPCC para biomasa, categorías 5D y 5E de las declaraciones del IPCC para suelos; y categorías 4D, 4E y 4F de declaraciones del IPCC para gases no-CO₂.

En el Anexo 1 se presentan hojas de trabajo para calcular las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (métodos del Nivel 1) para Asentamientos.

8.5 BASE PARA SU FUTURO DESARROLLO METODOLÓGICO

Existen vacíos en esta metodología porque no se dispone de datos suficientes para cuantificar todos los depósitos y flujos de gases de efecto invernadero de los asentamientos. Entre los vacíos obvios se incluyen:

- Metodología para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero no-CO₂ (N₂O y CH₄);
- Metodología detallada para contabilizar las existencias de carbono no relacionadas con biomasa viva ni con los suelos (específicamente, madera muerta y hojarasca);
- Análisis de las existencias y los flujos de carbono resultantes del césped y de su gestión;
- Análisis de las existencias y los flujos de carbono de plantas de jardín y otras herbáceas; y
- Una metodología general para contabilizar las distintas clases de asentamientos, con diferentes cantidades de vegetación leñosa y no leñosa y diferentes tipos de gestión.

Gases de efecto invernadero no-CO₂ Aunque existen pruebas que fundamentan la idea de que, en las áreas urbanas, se pueden mejorar los flujos de óxido nitroso con respecto a su condición original (Kaye *et al.*, 2004), es factible que este resultado dependa de dicha condición autóctona (es decir, del clima y de la región en que esté ubicado el asentamiento) y del régimen de gestión que se aplique habitualmente en esa zona poblada. Se requiere contar con información adicional antes de que se puedan sacar conclusiones respecto al impacto de los asentamientos sobre los flujos de gases de efecto invernadero no-CO₂.

Madera muerta y hojarasca. La madera muerta es una clase de composición diversa que incluye ramas o árboles caídos o podados, o árboles muertos en pie que aún no han sido reemplazados por ejemplares vivos. Esta madera muerta puede quemarse o eliminarse como desecho sólido, usarse para la fabricación de *compost* o dejarse descomponer en el sitio o fuera de él. En esta metodología este material se trata como una pérdida del término biomasa viva. Puesto que es factible que la madera muerta se quite de los asentamientos (y no que se la deje en el sitio para que se descomponga, como sucede en los bosques), en una metodología a desarrollarse en el futuro, se podría tener en cuenta la proporción de madera muerta llevada a rellenos sanitarios, eliminada en pilas de *compost*, quemada o dejada en el sitio para que se descomponga. La porción llevada a rellenos sanitarios o a *compost* podría tratarse como productos de madera recolectada (PMR) o como desecho; cualquiera de los dos casos se tratan en otras secciones de estas *Directrices*.

El césped y su gestión. La biomasa del césped incluye raíces, rastrojo, paja y componentes aéreos. Aunque se han publicado estimaciones respecto a la productividad del césped ((Falk, 1976; Falk, 1980; Qian *et al.*, 2003), la hierba se descompone rápidamente y hay poca información sobre la acumulación total de biomasa en los componentes de larga vida de la biomasa del césped. Además, la asignación del césped a los componentes aéreos y subterráneos depende de la gestión y del régimen de segado. Dada la falta de información generalizable sobre este particular, así como la falta de datos de la actividad en la que se cuantifique la tierra cubierta por césped en los asentamientos, actualmente no se dispone de una metodología detallada que describa al carbono

removido por los sistemas de césped. Una metodología más detallada requeriría información adicional sobre la productividad del césped, su rotación, y la asignación a diferentes componentes vegetales a medida que varía con el régimen de gestión. Naturalmente, los datos de la actividad requeridos para la aplicación de estas metodologías incluyen información sobre regímenes de gestión y la proporción de asentamientos cubiertos con césped.

Plantas de jardín y otras herbáceas. En una situación similar a la del césped, no hay información que describa la acumulación anual de biomasa y la asignación de las plantas de jardín a diferentes partes aéreas y subterráneas. De manera similar, tampoco hay información disponible que describa la variación en la productividad vegetal según el régimen de gestión. Los datos de la actividad requeridos para aplicar una metodología más detallada incluirían información respecto a los regímenes de gestión y a la proporción de la superficie del asentamiento cubierta por este tipo de vegetación. Se trata principalmente de plantas de jardín, de manera que su muestreo en jardines privados implica el problema adicional de su posible perturbación y la consiguiente negación del acceso a ellas (cf. Jo y McPherson, 1995).

Clases de tierras. Para el desarrollo de una metodología más detallada sería ventajoso contar con un conjunto de definiciones coherentes de clases de tierra *dentro* de los asentamientos que se pudieran aplicar a cualquier país, independientemente de su clima, su vegetación autóctona o su típico régimen de asentamientos. Esto haría que los asentamientos se tornaran paralelos a otros usos —Tierras forestales, Pastizales, Tierras de cultivo, Humedales— que se definen fácilmente sobre la base de un conjunto de parámetros mensurables y objetivos. Se ha realizado algo de investigación con tal propósito (Theobald, 2004), pero las clasificaciones actuales son incoherentes. Por ejemplo, mientras la tasa de secuestro de carbono por unidad de cobertura de copas arbóreas es bastante coherente, la tasa general de almacenamiento de carbono por unidad de superficie de asentamientos depende en su totalidad de las cantidades relativas de cobertura arbórea y de césped dentro del emplazamiento. Esta clasificación de la tierra sería parte del conjunto de datos de la actividad recabados por los países, y la metodología detallada podría desarrollarse y aplicarse coherentemente sobre la base de esos datos de cobertura de la tierra. Este tipo de clasificación del uso de la tierra también permitiría que los países contabilizaran los cambios en el almacenamiento de carbono que se producen debido a los cambios de gestión dentro de las áreas clasificadas en general como asentamientos. Por ejemplo, cuando se desarrollan parcelas vacantes, la vegetación adventicia que permanece en las superficies no construidas podría ser reemplazada por especies paisajísticas que difieren en su habilidad para almacenar carbono.

Referencias

- Akbari, H. (2002). Shade trees reduce building energy use and CO₂ emissions from power plants. *Environmental Pollution* **116**:S119-S124.
- 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. 1986.
- Brack, C.L. (2002). Pollution mitigation and carbon sequestration by an urban forest. *Environmental Pollution* **116**:S195-S200.
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H. and Baumgardner, G.A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* **111**:1-11.
- Crane, P. and Kinzig, A. (2005). Nature in the metropolis. *Science* **308**:1225-1225.
- Elvidge, C.D., Milesi, C., Dietz, J.B., Tuttle, B.T., Sutton, P.C., Nemani, R. and Vogelmann, J.E. (2004). U.S. constructed area approaches the size of Ohio. *EOS - Transactions of the American Geophysical Union* **85**:233-234.
- Falk, J. (1980). The primary productivity of lawns in a temperate environment. *Journal of Applied Ecology* **17**:689-696.
- Falk, J.H. (1976). Energetics of a suburban lawn ecosystem. *Ecology* **57**:141-150.
- Gallo, K.P., Elvidge, C.D., Yang, L. and Reed, B.C. (2004). Trends in night-time city lights and vegetation indices associated with urbanization within the conterminous USA. *International Journal Of Remote Sensing* **25**:2003-2007.
- Goldman, M.B., Groffman, P.M., Pouyat, R.V., McDonnell, M.J. and Pickett, S.T.A. (1995). CH₄ uptake and N availability in forest soils along an urban to rural gradient. *Soil Biology and Biochemistry* **27**:281-286.
- Gregg, J.W., Jones, C.G. and Dawson, T.E. (2003). Urbanization effects on tree growth in the vicinity of New York City. *Nature* **424**:183-187.
- Idso, C., Idso, S. and Balling, R.J. (1998). The urban CO₂ dome of Phoenix, Arizona. *Physical Geography* **19**:95-108.
- Idso, C., Idso, S. and Balling, R.J. (2001). An intensive two-week study of an urban CO₂ dome. *Atmospheric Environment* **35**:995-1000.
- Imhoff, M., Tucker, C., Lawrence, W. and Stutzer, D. (2000). The use of multisource satellite and geospatial data to study the effect of urbanization on primary productivity in the United States. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **38**:2549-2556.
- 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.
- Jenkins, J., Chojnacky, D., Heath, L. and Birdsey, R. (2004). Comprehensive database of diameter-based biomass regressions for North American tree species. General Technical Report NE-, USDA Forest Service Northeastern Research Station, Newtown Square, PA.
- Jo, H. (2002). Impacts of urban greenspace on offsetting carbon emissions for middle Korea. *Journal of Environmental Management* **64**:115-126.
- Jo, H. and McPherson, E. (1995). Carbon storage and flux in urban residential greenspace. *Journal of Environmental Management* **45**:109-133.
- Kaye, J., Burke, I., Mosier, A. and Guerschman, J. (2004). Methane and nitrous oxide fluxes from urban soils to the atmosphere. *Ecological Applications* **14**:975-981.
- Kaye, J.P., McCulley, R.L. and Burke, I.C. (2005). Carbon fluxes, nitrogen cycling, and soil microbial communities in adjacent urban, native and agricultural ecosystems. *Global Change Biology* **11**:575-587.
- Koerner, B., and Klopatek, J. (2002). Anthropogenic and natural CO₂ emission sources in an arid urban environment. *Environmental Pollution* **116**:S45-S51.
- Kuchler, A. (1969). Potential natural vegetation. US Geological Survey Map, Sheet 90, Washington, DC.

- Milesi, C., Elvidge, C.D., Nemani, R.R., and Running, S.W. (2003). Assessing the impact of urban land development on net primary productivity in the southeastern United States. *Remote Sensing Of Environment* **86**:401-410.
- Nowak, D. (1996). Estimating leaf area and leaf biomass of open-grown deciduous urban trees. *Forest Science* **42**:504-507.
- Nowak, D. and Crane, D. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the United States. *Environmental Pollution* **116**:381-389.
- Nowak, D., Crane, D.E., Stevens, J.C. and Ibarra, M. (2002). Brooklyn's urban forest. General Technical Report NE-290, USDA Forest Service Northeastern Research Station, Newtown Square, PA.
- Nowak, D.J., Rowntree, R.A., McPherson, E.G., Sisinni, S.M., Kerkmann, E.R. and Stevens, J.C. (1996). Measuring and analyzing urban tree cover. *Landscape and Urban Planning* **36**:49-57.
- Pouyat, R. and Carreiro, M. (2003). Controls on mass loss and nitrogen dynamics of oak leaf litter along an urban-rural land-use gradient. *Oecologia* **135**:288-298.
- Pouyat, R., Groffman, P., Yesilonis, I. and Hernandez, L. (2002). Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems. *Environmental Pollution* **116**:S107-S118.
- Pouyat, R.V., McDonnell, M.J. and Pickett, S.T.A. (1995). Soil characteristics of oak stands along an urban-rural land-use gradient. *Journal of Environmental Quality* **24**:516-526.
- Qian, Y., Bandaranayake, W., Parton, W., Mecham, B., Harivandi, M. and Mosier, A. (2003). Long-term effects of clipping and nitrogen management in turfgrass on soil organic carbon and nitrogen dynamics: The CENTURY model simulation. *Journal of Environmental Quality* **32**:1695-1700.
- Qian, Y. and Follett, R. (2002). Assessing soil carbon sequestration in turfgrass systems using long-term soil testing data. *Agronomy Journal* **94**:930-935.
- Raturi, S., Islam, K.R., Carroll, M.J. and Hill, R.L. (2004). Thatch and soil characteristics of cool- and warm-season turfgrasses. *Communications In Soil Science And Plant Analysis* **35**:2161-2176.
- Smith, W.B. and Brand, G.J. (1983). Allometric biomass equations for 98 species of herbs, shrubs, and small trees. Research Note NC-299, USDA Forest Service North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN.
- Theobald, D.M. (2004). Placing exurban land-use change in a human modification framework. *Frontiers in Ecology and the Environment* **2**:139-144.